VOLUME 2 1959 No 4

ANNALES

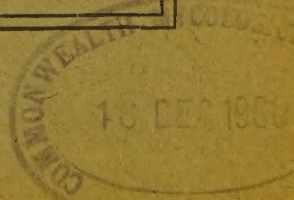
DE L'

INSTITUT PHYTOPATHOLOGIQUE BENAKI

NOUVELLE SÉRIE



KIPHISSIA-ATHÈNES
GRÈCE



SOMMAIRE

Τυπογρ ΕΣΤΙΑ - Β. Καργαδούρη Μαυρομιχάλη 134 - Ἀθῆναι

Μεταλλογραφήματα : Ε. Χαλκιόπουλος & Υἱὸς Ο.Ε. - Ἁγ. Μάρκου 14

ANNALES

DE L'

INSTITUT PHYTOPATHOLOGIQUE BENAKI

NOUVELLE SÉRIE

VOLUME 2 | 1959 | N° 4

RECHERCHES SUR LA BIOLOGIE ET L'ÉPIDÉMIOLOGIE DU MILDIOU DE LA VIGNE EN GRÈCE

BASES DE PRÉVISIONS ET D'AVERTISSEMENTS

par

D. G. ZACHOS

SOMMAIRE

Page

Chapitre II

Chapitre III

Chapitre IV

Chapitre V

Chapitre VI

Chapitre VII

Chapitre VIII

Chapitre IX

INTRODUCTION

Le Mildiou de la vigne, provoqué par le *Plasmopara viticola* (Berk. et Curt.) Berl. et de Toni, a été introduit d'Amérique et repéré pour la première fois en 1878, en France.

En Grèce, Gennadios (1892) signale l'existence de la maladie en 1881 pour la première fois en Messénie, où ce parasite occasionna une épidémie très grave, en Argolide, en Achaïe et en Élide. Dans l'espace de dix ans, la maladie fait son apparition dans d'autres régions du Péloponnèse, dans l'île de Zante, dans le district d'Athènes. En 1891 elle est signalée en Corinthie. En 1900 la viticulture de la Grèce entière a dû payer un premier tribut, extrêmement lourd, à la maladie, qui détruisit en très peu de temps environ les deux tiers de la production escomptée (Sarejanni 1951). Dès lors, la maladie ne cesse de tenir sous sa menace la production des régions humides et sujettes à de fréquentes chutes de pluie, pour prendre parfois les proportions d'une véritable calamité.

Le Mildiou, considéré dès son entrée en Europe comme l'une des plus graves maladies des plantes, est devenu incontestablement la principale maladie de la vigne. L'application que la science phytopathologique a mise à la combattre a été à la mesure de sa gravité. La sensibilité du parasite au sels de cuivre et l'efficacité de la bouillie bordelaise, découverte par Millardet très peu d'années après l'apparition du parasite en France, ont constitué les fondements de la méthode efficace mise en œuvre en vue de l'enrayer.

Mais la lutte contre le Mildiou de la vigne est préventive, et les traitements par les fongicides ont pour but d'empêcher la pénétration du parasite dans les tissus de la plante. Il importe, donc, qu'au moment de la contamination les organes sensibles de la plante soient couverts du produit anticryptogamique. Un retard pourrait avoir pour résultat d'annihiler ou de réduire l'efficacité de la pulvérisation; par contre, avec une application prématurée, on risque que le produit ne soit délavé par la pluie ou que la plante ne soit insuffisamment protégée, puisque des organes nouveaux sont formés dans l'intervalle qui s'écoule depuis la pulvérisation jusqu'au moment de l'action du parasite.

Il s'ensuit que la détermination des moments les plus opportuns aux traitements présuppose une connaissance exacte des facteurs qui déterminent les invasions du parasite.

Cependant, il ne suffit pas que les traitements soient opportuns; encore faut-il tenir compte d'un autre aspect également important de la lutte contre la maladie, c'est-à-dire du nombre des traitements. Le Mildiou de la vigne survient tous les ans, parfois sous la forme menaçante d'une épidémie dangereuse et très préjudiciable à la production, parfois sous une forme bénigne, qui passe sinon entièrement inaperçue du moins sans causer de notables dégâts. Ainsi, aux « années à mildiou » succèdent d'autres années, au cours desquelles le parasite ne fait qu'un petit nombre d'invasions, très peu graves et souvent tout à fait inoffensives. Les vignerons, qui ont introduit parmi leurs méthodes habituelles de travail les pulvérisations à la bouillie bordelaise sont amenés par des raisons psychologiques à tracer leur programme annuel de pulvérisations d'après le programme des années à mildiou. Or, un régime de nombreux traitements est préjudiciable aussi bien à l'économie privée des viticulteurs qu'à l'économie nationale. D'où le besoin de limiter les traitements annuels au nombre indispensable.

Ces deux impératifs, à savoir celui de déterminer le moment de la contamination et celui d'appliquer un programme rationnel d'interventions, soulèvent le problème de la prévision des invasions. Dans les pays avancés de point de vue phytopathologique, ce problème appartient depuis longtemps à la sphère des préoccupations de l'État et la lutte contre le Mildiou de la vigne est entrée dans le stade d'une lutte rationnelle par des interventions efficaces, pratiquées au moment opportun. Des stations spéciales ont été instituées, encadrées de personnel scientifique expérimenté, où l'on étudie les différentes phases de la biologie du parasite, l'influence du milieu sur l'évolution de celles-ci, la réceptivité de la vigne et toutes autres données épidémiologiques, afin de conseiller aux viticulteurs les époques les plus appropriées aux pulvérisations, tout en limitant au minimum indispensable le nombre des traitements et sans compromettre aucunement la protection efficace des vignes.

Ce besoin de donner aux vignerons des directives dans ce sens, a obligé tous les pays d'effectuer des recherches opiniâtres et approfondies. Des phytopathologistes éminents ont dirigé leurs travaux et leur activité vers l'étude de cette maladie, si bien qu'aujourd'hui le Mildiou de la vigne est une des rares maladies des plantes qui aient

été si minutieusement et si profondément étudiées. La morphologie et la biologie du parasite, son épidémiologie en corrélation avec les facteurs météorologiques, ainsi que les rapports entre le parasite et son hôte, ont été remarquablement mis en relief dans un grand nombre d'études scientifiques.

Néanmoins, en dépit de ces recherches approfondies et de l'abondance de données bibliographiques sur ce sujet, le Mildiou de la vigne ne cesse de faire l'objet d'études persévérantes. La raison en est manifeste. Outre que la biologie du parasite est encore obscure en bien des points, son épidémiologie, quoique théoriquement connue, varie d'un pays à l'autre pour s'adapter aux particularités des conditions climatiques locales. Ce n'est donc pas sans raison que dans chaque pays, et même dans les différentes régions d'un seul et même pays les bases scientifiques des prévisions des invasions sont remis en question et la maladie est de nouveau étudiée sous l'aspect particulier qu'elle revêt dans les conditions climatiques régionales.

En Grèce, aucun programme de lutte rationnelle contre le Mildiou de la vigne n'a été appliqué, et les interventions faites jusqu'à présent ont été essentiellement empiriques. Dans certaines régions, sous la menace de la destruction totale de leur production éprouvée dans certaines années, les vignerons appliquent un programme comportant un nombre excessif de traitements. Dans d'autres, personne n'est en mesure d'affirmer si les pulvérisations, nombreuses ou non, sont faites opportunement ou en vain. Ailleurs encore, le nombre et l'époque des traitements n'a été établi que par un long usage. Ceci dit, nous n'entendons pas mettre en doute la précieuse expérience des vignerons, acquise dans le dur combat qu'ils sont réduits à livrer contre cette maladie. Qu'il nous soit, cependant, permis de contester l'efficacité de cette expérience, car les vignerons ont à combattre un parasite dont les déviations épidémiologiques sont étroitement unies à la diversité des manifestations météorologiques d'une année à l'autre. D'ailleurs on s'est rendu compte, dans d'autres pays, que ces connaissances empiriques n'ont été d'aucune utilité et la question a été nécessairement entreprise par des spécialistes expérimentés.

Si la lutte inconsidérée contre le parasite de la vigne accroît les frais de la production viticole et obère l'économie privée des vignerons, l'économie nationale subit également le contrecoup de cet état de choses. Nous ne nous attarderons pas ici en examinant l'aspect économique de la question, qui sera étudié dans un chapitre spécial de ce mémoire. Qu'il suffise de rappeler à titre d'indication que l'État

importe annuellement 6000 tonnes, environ, de sulfate de cuivre, qui lui coûtent un million de dollars en change. Certes, les phytopathologistes n'auront pas outrepassé leur tâche si, par leurs recherches sur place, ils contribuent à une organisation aussi économique que possible de la lutte contre la plus grave des maladies qui frappent l'une des principales cultures du pays, la vigne.

Considérant le besoin d'instituer en Grèce des stations d'avertissements, en vue d'organiser la lutte contre la maladie sur des bases scientifiques, l'Institut Phytopathologique Benaki a décidé en automne 1949 de nous confier l'étude de la biologie et de l'épidémiologie du parasite.

Les premières observations ont été faites en Corinthie, au printemps 1950, notamment dans la région de Vello (Zachos 1950), pour s'étendre en 1951 à la région de Patras. Elles se sont poursuivies jusqu'à 1959, après avoir été interrompues de 1953 à 1955, en sorte que les données fournies ci-dessous se rapportent à des recherches couvrant une période de sept ans pour la région de Vello et de six ans pour la région de Patras.

Le choix des deux régions précitées en tant que centres des premières recherches effectuées en Grèce sur le Mildiou de la vigne, a été déterminé par les considérations suivantes:

1. Ces deux régions sont des centres viticoles importants du Péloponnèse.

2. Les conditions climatiques y sont plus ou moins favorables au développement de la maladie.

3. On savait que, en Corinthie, la lutte contre le parasite comportait de nombreux traitements pour la plupart inutiles.

4. Il y a en Corinthie l'École Agricole de Vello, et à Patras la Station Phytopathologique. Ces deux établissements ont à leur disposition des vignobles où sont représentées plusieurs variétés de vigne, se qui permet d'y faire toutes sortes d'observations et de recherches expérimentales. De plus, aussi bien l'École de Vello que la Station Phytopathologique de Patras possèdent les appareils de microscopie nécessaires, qui permettent de faire sur place des travaux de laboratoire.

5. Outre les deux cages météorologiques qui fonctionnent à Patras, à savoir celle du Service National Météorologique (à Itiès) et celle de la Station Phytopathologique, on en trouve une troisième à la succursale de l'Office Autonome des Raisins Secs, siégeant à Coconi (Corinthie), qui a volontiers accepté de nous communiquer les

données météorologiques. Nous avons pu ainsi suivre l'évolution des épidémies du parasite aussi bien dans l'une région que dans l'autre.

Au moment où nous abordions nos recherches, la bibliographie grecque n'offrait aucun travail sur la question que nous nous proposions d'étudier, hormis deux articles (Sarejanni 1951, 1954), comprenant de précieuses observations et touchant certains points que la biologie et l'épidémiologie du Mildiou de la vigne posent en Grèce. Dans ces conditions notre recherche a porté sur les points ci-après:

Nous nous sommes d'abord occupés de la formation, de la maturation, de la germination et de la perte du pouvoir germinatif des œufs. Cette question, qui demeure assez confuse même dans la bibliographie internationale, devrait être spécialement examinée sous les conditions du pays.

Nous avons ensuite étudié et déterminé la période d'incubation de la maladie, sous des températures différentes et dans les conditions climatiques et écologiques de Vello et de Patras.

L'objet suivant de notre examen a été le pouvoir germinatif des conidies sous des conditions différentes de température, d'humidité et de l'insolation.

Une autre partie de cette étude examine, dans les deux régions précitées, la vitesse de croissance de la vigne et la détermination des stades critiques, qui sont à la base de plusieurs systèmes de prévisions.

L'épidémiologie du parasite est abordée dans une partie spéciale, où l'on passe en revue toutes les données qui contribuent à l'infection primaire et aux infections secondaires.

Le développement des épidémies au cours de plusieurs années dans les deux régions considérées, ainsi que les différents facteurs qui ont contribué à la manifestation et à l'évolution de ces épidémies, font aussi l'objet de nos recherches dans un autre chapitre de cette étude.

Nous exposons ensuite les directives qui se dégagent des recherches précitées, en ce qui concerne les prévisions des invasions de Mildiou et l'organisation, dans les deux régions précitées, d'une lutte rationnelle pour les combattre.

Enfin, l'examen comparatif de la lutte contre le Mildiou, telle qu'elle a été pratiquée pendant une série d'années dans la région de Vello et telle qu'elle devrait l'être d'après les données qui se dégagent du développement des épidémies au cours de cette même série d'années, révèle les montants ainsi dépensés sans profit dans la susdite région.

Un chapitre spécial a été intercalé parmi les différentes questions traitées dans cette étude, afin de réunir les données météorologiques, dont l'examen permet de tracer les cadres dans lesquels évoluent habituellement les épidémies du parasite.

Ce travail n'aurait pu être complété à la campagne sans l'empressement avec lequel nos collegues nous ont permis d'employer les moyens dont ils pouvaient disposer et de compter sur leur assistance personnelle. Nous tenons donc à remercier particulièrement M. A. Courmoussis, directeur de la Station Phytopathologique de Patras, et ses collaborateurs MM. Th. Bouchélos, E. Psarros et S. Georgopoulos, ainsi que MM. N. Zontanos et G. Papavénétiou, directeurs de l'École Agricole de Vello, M. D. Papadopoulos, qui a été en service dans cette École, MM. P. Dionyssopoulos, A. Chliapas et G. Anastassiou, directeurs de la succursale de l'Office Autonome des Raisins Secs à Coconi et, enfin, notre collegue M. S. Makris, dont l'assistance nous a été précieuse dans certaines expériences de laboratoire.

Un certain nombre de renseignements statistiques que nous avons demandés au Service Technique de la Banque Agricole et au Service Agricol du Département de Corinthe, nous ont été très courtoisement fournis; nous remercions vivement MM. G. Karamanos et C. Xyngakis qui ont réuni ces données.

Enfin, nous exprimons nos plus vifs remerciements au professeur agrégé M. Stéphane Démétriadès, directeur de la Section de Pathologie Végétale de l'Institut Phytopathologique Benaki, d'avoir bien voulu revoir le manuscrit de ce travail.

CHAPITRE PREMIER

RECHERCHES SUR LES OOSPORES

Nous exposerons dans ce chapitre les résultats des recherches et des observations faites sur la formation, la maturation, la germination et la perte du pouvoir germinatif des oospores.

I. FORMATION DES OOSPORES

Il est généralement connu que les oospores du Mildiou de la vigne se forment ordinairement en automne, bien que certains chercheurs en aient aussi observé durant les mois d'été (Arens 1929).

En Grèce, ces fructifications se forment aussi en automne et, plus rarement, aux mois de juillet et d'août (Sarejanni 1954). Nos propres observations s'accordent sur ce point, tant en ce qui concerne la région de Vello que celle de Patras. Un petit nombre d'oospores peut bien se présenter sporadiquement pendant les mois d'été, mais leur formation massive s'observe tous les ans entre le 15 octobre et le 15 novembre. Une série d'invasions successives du parasite, favorisées par les pluies fréquentes de cette période, produisent sur les feuilles de nombreuses taches en mosaïque, dont la plupart renferment un grand nombre d'oospores.

Au cours de l'année 1957, nous avons eu l'occasion d'observer la formation d'oospores même au mois de mai, à Kiphissia, sur des vignes cultivées en pot à des fins expérimentales. Ces fructifications si précoces sont extrêmement rares. On ignore les conditions dans lesquelles le champignon est conduit à la formation des oospores. Dans le cas dont il est question, vu que les ceps ont été cultivés depuis quatre ans dans l'espace restreint et malaisément cultivable des pots, on a pu observer que ces plantes cachectiques sont rapidement amenées à l'arrêt de leur végétation et à la maturation de leur feuillage. Ce vieillissement précoce des feuilles a favorisé, à notre avis, la formation de taches en mosaïque et la production des oospores observées

II. MATURATION DES OOSPORES

L'évolution du Mildiou de la vigne commence avec la germination des œufs au printemps. Les oospores mises en germination aussitôt après leur formation, sous des conditions favorables de température et d'humidité, ne germent pourtant pas, sans que précède une période préparatoire de processus internes, appelée période de maturation.

Comme il ressort des observations de Bosc (1946), la fusion des noyaux des deux gamètes se fait lors de la formation des oospores qui, par conséquent, doivent être considérées dès ce moment comme morphologiquement achevées. Il n'est pas jusqu'à présent prouvé que les oospores du *Plasmopara viticola* aient en outre besoin de surmaturation. En tout cas elles passent toujours une période plus ou moins longue de vie latente, ou de sommeil hivernal que nous continuerons d'appeler période de maturation.

En général, les oospores des phycomycètes ont besoin d'une période de sommeil, parce que leurs parois protectrices, dures et épaisses, sont imperméables à l'eau et à l'oxygène (Wolf F.A. et Wolf F.T. 1947). D'après Hawker (1950), ces spores résistantes ne peuvent germer, premièrement si elles ne sont pas mûres et en second lieu si leurs parois ne deviennent pas perméables à l'eau et à l'oxygène. Cette période de vie latente est interrompue par des facteurs extérieurs, qui transforment la structure colloidale des parois ou provoquent de petites fissures, à travers lesquelles l'eau et l'oxygène pénètrent pour déclancher le processus normal de la germination. C'est pourquoi on est porté à croire que les gelées ou l'alternance d'humidification et de déshumidification des oospores interrompt leur sommeil hivernal.

Si l'on examine spécialement les facteurs extérieurs qui peuvent interrompre le sommeil des oospores du Mildiou de la vigne, on observe que, les points de vue d'un grand nombre de chercheurs s'accordent pour affirmer que les pluies et les froids de l'hiver exercent une action décisive à cet égard. D'après les observations de Capus (1931), dans la région de Bordeaux, des pluies abondantes tombées entre novembre et avril accroissent la gravité des invasions du Mildiou. En ce qui concerne cette observation, la période des pluies correspond non seulement à l'époque de la formation des oospores, mais surtout à l'époque de leur maturation. Darpoux (1943) considère de son côté que les pluies hivernales constituent le principal facteur de

la maturation des œufs. Sarejanni (1951, 1954), qui partage ces vues, exprime l'hypothèse que la maturation des oospores a besoin d'une longue période de pluies et de basses températures. Par contre Arens (1929), qui a étudié la question de plus près, constate qu'elles sont susceptibles de germer dès le mois de décembre. C'est dire que leur sommeil peut être interrompu de très bonne heure, avant que l'influence des pluies et des froids de l'hiver ne se fasse sentir.

En présence de ces opinions divergentes et afin de déterminer aussi précisément que possible les conditions naturelles qui raccourcissent la période de sommeil des oospores, nous avons procédé à des recherches concernant l'influence exercée par la pluie et par le froid sur la durée de cette période. Ces recherches étaient complétées par des expériences tendant à déterminer l'influence combinée de la pluie et de la température sur la maturation et sur la germination des oospores.

A. INFLUENCE DE LA PLUIE ET DU FROID SUR LA MATURATION DES OOSPORES

La pluie et le froid, en tant que facteurs contribuant à la maturation des oospores, ont été étudiés séparément et en combinaison sur de matériel expérimental de même provenance. On s'est surtout proposé de reproduire artificiellement aussi exactement que possible les conditions de pluie et de froid qui règnent habituellement en hiver, afin de pouvoir suivre de près l'influence de cés facteurs sur le phénomène de la maturation.

I. MÉTHODE ET MATÉRIEL

Matériel. Les oospores étaient récoltées vers le 15 novembre dans la région de Patras. Les feuilles portant des taches en mosaïque étaient examinées à la loupe binoculaire, étalées sur la table et éclairées bien en dessous par une lampe. En déplaçant la feuille, on pouvait en observer très rapidement toutes les parties, en sorte qu'un grand nombre de feuilles pouvait être examiné en très peu de temps. Sur les feuilles riches en oospores on découpait de petits fragments contenant approximativement 100 oospores. La préparation des fragments contenant précisement ce nombre d'oospores n'est guère facile. En effet, si parfois les œufs sont disséminés à une certaine distance les uns des autres et leur dénombrement en est ainsi facilité, souvent par contre ils sont compressés ou imbriqués les uns contre les autres, en sorte que leur dénombrement peut comporter de graves erreurs

En raison de ces difficultés, nous évaluons à 100-150 oospores le contenu de chacun des fragments. De ce matériel on préparait des groupes contenant chacun 24 fragments. Les fragments de chaque groupe étaient entourées d'un fin réseau de fil de fer et chaque groupe était placé dans un petit pot, presque à la surface, et recouvert de terre jusqu'à 0,5-1 centimètre de profondeur.

Hauteur de pluie variable. Afin d'étudier l'influence de la pluie sur les oospores, on les arrosait à des intervalles réguliers pendant quatre mois, du 1er décembre au 31 mars. On s'est surtout efforcé de reconstituer dans la mesure du possible les conditions naturelles, c'est-à-dire de faire en sorte que les oospores reçoivent durant la période précitée un certain nombre de millimètres de pluie, à des fréquences variées. On a pu ainsi observer l'influence de la pluie sur quatre groupes de fragments. Le premier groupe (B1) recevait durant les quatre mois précités 0 millimètres de pluie, le deuxième groupe (B2) en recevait 100, le troisième (B3) 300 et le quatrième (B4) 500. La distribution de la pluie par groupe est donnée dans le tableau I. Compte tenu du diamètre du pot à sa surface, on a déterminé la quantité d'eau qu'il fallait y verser chaque fois pour avoir l'équivalent d'un certain nombre de millimètres de pluie. Notons ici que l'eau n'était pas versée à l'imitation de la pluie mais comme arrosage direct et que, de ce fait, les variations de durée de la pluie naturelle faisaient défaut.

Froid constant et hauteur de pluie variable. Ici la pluie, distribuée de la manière dont on vient de le dire, a été examinée en corrélation avec le froid. Quatre autres groupes, chacun de 24 fragments, recevant, eux aussi, 0 millimètre de pluie le premier (ΨB_1), 100 le deuxième (ΨB_2), 300 le troisième (ΨB_3) et 500 le quatrième (ΨB_4), ont été soumis à dix jours de froid à 0° C., durant les quatre mois de l'expérience. A cette fin les groupes en question étaient placés, à des intervalles signalés au tableau I, dans le frigidaire à 0 °C. On n'a pas essayé de températures plus basses, car on savait depuis les expériences d'Arens (1929), que ces températures peuvent interrompre le sommeil des oospores. Ce que l'on s'est proposé d'observer, c'est l'influence d'un nombre déterminé de jours de gélée et l'on a arbitrairement fixé ce nombre à dix.

Hauteur de pluie constante et froid variable. Ici quatre groupes, chacun de 24 fragments, ont reçu chacun 300 millimètres de pluie au cours des quatre mois de l'expérience, le nombre de jours

TABLEAU I

Hauteur en mm et fréquence de pluie ainsi que jours de gelée (Ψ), ayant influencé les différents groupes d'oospores du 1er décembre au 31 mars.

DÉCEMBRE

Jours	B_1	B_2	B_3	B_4	ΨB_1	ΨB_2	ΨB_3	ΨB_4	$B\Psi_1$	$B\Psi_2$	$B\Psi_3$	$B\Psi_4$	ΦΣ
1													28
2		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	Ψ
3				5				5					Ψ
4			5	5			5	5	5	5	5	5	2, Ψ
5				5				5				5	traces, Ψ
6			5	5			5	5	5	5	5	Ψ	
7				5				5				Ψ	
8													
9		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	
10				5				5					
11			5	5			5	5	5	5	5	5	
12				5				5					
13			5	5			5	5	5	5	5	5	
14			5	5				5	5		5	5	
15													
16			5	5		5	10	5	5	10	10	10	12
17				5	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ		Ψ	Ψ	Ψ	
18		5	5	5	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ	5	Ψ	Ψ	Ψ	
19				5			10	5		10	Ψ	Ψ	
20			5	5				5	5		Ψ	Ψ	1
21			5	5			5	5	5	5	10	10	1
22													
23		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	14
24			5	10			5	10	5	5	5	5	
25													
26													
27			5	8			5	10	5	5	5	5	
28		5		4		5		5					
29													
30			5	4			5	5	5	5	5	5	2
31				4				10					2
Hauteur totale de pluie	0	25	75	125	0	25	75	125	75	75	75	75	58
Nombre total de jours de gelée	0	0	0	0	2	2	2	2	0	2	4	4	4

TABLEAU I (suite)

JANVIER

Jours	B_1	B_2	B_3	B_4	ΨB_1	ΨB_2	ΨB_3	ΨB_4	$B\Psi_1$	$B\Psi_2$	$B\Psi_3$	$B\Psi_4$	ΦΣ
1													
2		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	
3				5				5					1
4			5	5			5	5	5	5	5	15	
5													
6													
7			5	5	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ	5	Ψ	10	Ψ	3
8		5		5	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ		Ψ	Ψ	Ψ	
9			5	5	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ	5	Ψ	Ψ	Ψ	
10				5		5	10	20		10	Ψ	Ψ	Ψ
11			5	5			5	5	5	5	Ψ	Ψ	
12													
13			5	5			5	5	5	5	10	10	36
14		5		5		5		5					4
15			5	5			5	5	5	5	5	5	6
16				5				5					
17			5	5			5	5	5	5	5	5	
18				5				5					
19													
20		5	5	5		5	5	5	5	5	Ψ	Ψ	39
21				5				5			Ψ	Ψ	
22			5	5			5	5	5	5	Ψ	Ψ	
23				5				5			Ψ	Ψ	11
24			5	5			5	5	5	5	15	Ψ	traces
25				5				5				15	traces
26													Ψ
27		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	13,Ψ
28				5				5					5,Ψ
29			5	5			5	5	5	5	5	5	15,Ψ
30				5				5					Ψ
31			10	5			10	5	10	10	10	10	
Hauteur totale de pluie	0	25	75	125	0	25	75	125	75	75	75	75	133
Nombre total de jours de gelée	0	0	0	0	3	3	3	3	0	3	8	10	6

TABLEAU I (suite)

FÉVRIER

Jours	B_1	B_2	B_3	B_4	ΨB_1	ΨB_2	ΨB_3	ΨB_4	$B\Psi_1$	$B\Psi_2$	$B\Psi_3$	$B\Psi_4$	$\Phi\Sigma$
1		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	
2													
3			5	5			5	5	5	5	5	5	
4				5				5			Ψ	Ψ	
5			5	5			5	5	5	5	Ψ	Ψ	
6				5				5			Ψ	Ψ	
7		5	5	5		5	5	5	5	5	10	Ψ	
8				5				5				Ψ	
9													
10			5	5			5	10	5	5	5	15	
11				5				10					
12			5	5		5	10	10	5	10	10	10	
13		5		5	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ		Ψ			
14			10	5	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ	10	Ψ			
15				5	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ		Ψ			
16													
17			5	5			10	5	5	10	10	10	
18				5				5			Ψ	Ψ	
19			5	5			5	5	5	5	Ψ	Ψ	
20		5		5		5		5			Ψ	Ψ	3
21			5	5			5	5	5	5	10	Ψ	
22				5				5				Ψ	
23													
24			10	5			10	5	10	10	10	20	
25				5				5					
26			5	5			5	5	5	5	5	5	
27		5		5		5		5					
28			5	10			5	10	5	5	5	5	
Hauteur totale de pluie	0	25	75	125	0	25	75	125	75	75	75	75	3
Nombre total de jours de gelée	0	0	0	0	3	3	3	3	0	3	6	10	0

TABLEAU I (suite)

MARS

Jours	B_1	B_2	B_3	B_4	ΨB_1	ΨB_2	ΨB_3	ΨB_4	$B\Psi_1$	$B\Psi_2$	$B\Psi_3$	$B\Psi_4$	ΦΣ
1		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	
2													
3			5	5			5	5	5	5	5	5	11
4				5				5					
5			5	5			5	5	5	5	5	5	
6				5				5					18
7		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	
8				5				5					
9													
10			5	5			5	5	5	5	5	5	
11				5				5					
12			5	5			5	5	5	5	5	5	
13		5		5		5		5					2
14			5	5			5	10	5	5	5	10	2
15				5	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ		Ψ	Ψ	Ψ	
16					Ψ	Ψ	Ψ	Ψ		Ψ	Ψ	Ψ	4
17			5	5			5	5	5	5	5	Ψ	
18				5				5				Ψ	
19		5	5	5		5	5	5	5	5	5	10	
20				5				5					
21			5	5			5	5	5	5	5	5	2
22				5				5					7
23													
24			10	5			10	5	10	10	10	5	3
25													
26		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	10
27				5				5					2
28			5	5			5	5	5	5	5	5	traces
29				5				5					
30													
31			5	5			5	5	5	5	5	5	
Hauteur totale de pluie	0	25	75	125	0	25	75	125	75	75	75	75	61
Nombre total de jours de gelée					2	2	2	2		2	2	4	0

de froid ayant été de 0 pour le premier groupe ($B\Psi_1$), de 10 pour le deuxième ($B\Psi_2$), de 20 pour le troisième ($B\Psi_3$) et de 30 pour le quatrième ($B\Psi_4$). La distribution par groupe des jours de froid figure au tableau I. On s'est proposé ici d'examiner l'influence exercée par le froid prolongé sur l'interruption du sommeil des oospores.

Conditions naturelles de pluie et de froid. Parallèlement aux cas précités, un groupe de 24 fragments, marqué des initiales $\Phi\Sigma$, a été exposé à l'action exclusive des conditions atmosphériques de pluie et de froid. Les jours de pluie et de gelée, signalés depuis décembre jusqu'à mars, sont notés dans le tableau I.

Méthode de travail. A la date du 1er décembre les pots contenant les groupes B_1, B_2, B_3, B_4, ΨB_1, ΨB_2, ΨB_3, ΨB_4, $B\Psi_1$, $B\Psi_2$, $B\Psi_3$ et $B\Psi_4$, ont été placés en plein air, sous un hangar qui les mettait à l'abri des précipitations atmosphériques. Le pot contenant le groupe $\Phi\Sigma$ a été placé à un endroit découvert, à proximité de la cage météorologique et du pluviomètre.

Le 1er, le 11 et le 21 de chaque mois, deux fragments étaient prélevés de chaque groupe ; après un délavage pour en ôter la terre, ils étaient mis dans des boîtes de Petri, sur du papier-filtre imbibé d'eau, de manière à être imprégnés d'eau sans en être submergés. Les boîtes de Pétri étaient placées à 22-23 °C.

L'observation des fragments commençait le lendemain et se répétait tous les jours. Celle-ci consistait à dénombrer les macroconidies apparues, d'après le procédé de Darpoux (1949) : la boîte contenant les fragments après enlèvement du couvercle, était placée sur la table du microscope et éclairée par dessus et latéralement, au moyen d'une ou de deux lampes. Ainsi éclairées, les macroconidies apparaîssent sous forme de corps piriformes, refringeant sur fond noir. Comme on se proposait, entre autres, de dénombrer le total des oospores en germination par fragment, les macroconidies après chaque examen étaient détruites par une aiguille, afin de ne pas être dénombrées dans les examens postérieurs.

L'examen des fragments se poursuivait jusqu'au moment où ils cessaient de produire des macroconidies, soit environ pendant un mois.

2. RÉSULTATS

Les recherches sur les questions précitées ont commencé pendant l'hiver 1956-1957, par des expériences préliminaires. Elles ont été répétées pendant l'hiver 1957-1958, suivant le procédé exposé ci-dessus.

Les résultats obtenus, confirmant les observations de l'année 1956-1957, sont exposés ci-après :

Le tableau II présente le pourcentage d'oospores germées dans les différents groupes de l'expérience aux différentes mises en germination pratiquées tous les dix jours. L'examen des quatre premiers groupes d'oospores, B_1, B_2, B_3 et B_4, qui ont respectivement reçu 0, 100, 300 et 500 millimètres de pluie, a montré qu'à la date du 2-12-57, c'est-à-dire au commencement de l'expérience, ces groupes n'avaient présenté aucune germination. Rappelons que les oospores avaient été récoltées vers le 15 novembre et conservées jusqu'au 1er décembre, date à laquelle elles ont été placées dans des pots, au laboratoire. Les oospores du groupe B_1 restées sans avoir reçu de la pluie jusqu'à la fin du mois de mars n'ont présenté aucune germination, ce qui dénote que la sécheresse entrave la maturation des oospores.

TABLEAU II

Pourcentage d'oopsores germées sous l'influence de conditions artificielles de pluie et de froid, observé tous les dix jours au cours de différentes mises en germination.

Date de la mise en germination	Groupes d'oospores												
	B_1	B_2	B_3	B_4	ΨB_1	ΨB_2	ΨB_3	ΨB_4	$B\Psi_1$	$B\Psi_2$	$B\Psi_3$	$B\Psi_4$	$\Phi\Sigma$
2-12-57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12-57	0	0	2	4	0	3	3	5	2	3	3	0	2
21-12-57	0	0	32	40	0	1	5	18	32	5	2	7	9
2- 1-58	0	2	26	57	0	—	23	32	26	23	17	7	5
11- 1-58	0	4	15	—	0	6	20	86	15	20	52	53	10
21- 1-58	0	5	16	70	0	3	22	36	16	22	38	95	7
1- 2-58	0	25	24	85	0	57	36	79	24	36	36	17	58
11- 2-58	0	11	81	100	0	40	56	100	81	56	22	76	4
21- 2-58	0	3	19	52	0	38	100	100	19	100	60	23	72
3- 3-58	0	4	56	13	0	8	29	34	56	29	20	44	24
11- 3-58	0	14	11	—	0	—	21	4	11	21	19	11	1
Moyenne	0	6	26	47	0	16	29	45	26	29	25	30	18

Les oospores du groupe B_2 ont commencé de germer vers le commencement de janvier, mais en faibles pourcentages. Elles avaient

reçu jusqu'à ce moment cinq arrosages, correspondant à une hauteur totale de pluie de 25 millimètres. La germination des oospores de ce groupe s'est poursuivie, en faible pourcentage, jusqu'à la fin de janvier.

Le 1er février on observe que la période de sommeil hivernal s'interromp chez un grand nombre d'oospores (environ 25%). A cette date, les oospores du groupe B_2 avaient reçu dix arrosages équivalant à 50 millimètres de pluie.

Le groupe B_3, qui avait reçu un plus grand nombre d'arrosages, présente dès le 11 décembre des oospores en germination, d'abord en un faible pourcentage qui brusquement, le 20 du même mois, s'élève à 32%. Nous observons ici qu'un pourcentage élevé des oospores de ce groupe est arrivé à maturation en 20 jours, ayant reçu dans cet intervalle 10 arrosages équivalant à 50 millimètres de pluie.

Un phénomène analogue se laisse observer dans le groupe B_4, dont les oospores germées au 20 décembre s'élevaient à 40%. Le pourcentage de maturation avance chez les oospores des groupes B_3 et B_4, de sorte que dans la première décade de février les oospores du groupe B_4 sont toutes en état de maturité et celles du groupe B_3 le sont dans la proportion extrêmement élevée de 81%. Les premiers avaient déjà reçu cinquante arrosages, ce qui revient à dire que ses oospores étaient humectées presque tous les jours, le second en avait reçu trente, soit un arrosage tous les deux jours.

Les observations faites sur l'influence exercée par la pluie ont montré que sa fréquence et sa quantité augmentent le pourcentage de maturation. Ceci ressort plus clairement de la moyenne du pourcentage de germination figurant dans la dernière ligne du tableau II. Ce phénomène n'est pas nouveau. Il ne fait que confirmer les observations et les hyphothèses antérieures d'autres chercheurs. Il n'en est pas moins intéressant de noter que la fréquence du trempage raccourcit de beaucoup la période de sommeil des oospores, de sorte qu'un pourcentage très élevé — 30 à 40 — peut mûrir dans l'espace de vingt jours approximativement, après avoir été arrosé dix à vingt fois dans cet intervalle. Enfin il a été constaté que l'arrosage quotidien pendant deux mois a amené à maturation la totalité des oospores.

Les pourcentages de germination enregistrés pour chaque groupe à des dates différentes indiquent que le nombre d'oospores germées, malgré l'égalité du nombre au départ, n'est pas celui auquel on se serait attendu au fur et à mesure de la maturation. Il est possible

que cela soit dû à la différence du degré de maturité des œufs suivant l'époque de leur formation.

A comparer les groupes B_1, B_2, B_3, et B_4, respectivement, aux groupes ΨB_1, ΨB_2, ΨB_3 et ΨB_4, qui ont subi le même traitement d'arrosage et qui ont été en outre soumis, à 10 jours de froid à 0 °C, il n'y a lieu d'observer aucune différence appréciable dans le pourcentage de germination. Le groupe ΨB_1, de même que le groupe B_1, n'ont présenté aucune germination, ce qui dénote qu'un certain nombre de jours de gelée ne suffisent pas pour réveiller les oospores sans trempage. Le groupe ΨB_2 a présenté des oospores en germination à partir du 11 décembre, mais leur pourcentage est resté très bas jusqu'au 1er février, date à laquelle il s'est élevé à 57%. Ce brusque réveil a été aussi observé, à la même date, dans le groupe correspondant B_2. Chacun des deux groupes avait reçu jusqu'alors dix arrosages, d'une hauteur totale de 50 millimètres. Les groupes ΨB_3 et ΨB_4 présentent un pourcentage élevé de germination, de même que les groupes B_3 et B_4, depuis le 20 jusqu'au 31 décembre. Jusqu'alors, ils n'avaient subi que deux jours de gelée, d'où il s'ensuit que le seul facteur qui ait influencé la maturation des oospores a été la pluie. Leur maturation avance jusqu'à la première décade de février, date à laquelle le groupe ΨB_4 présente la totalité de ses oospores en état de maturité; le groupe ΨB_3 n'en est guère éloigné non plus, puisqu'à l'examen du 21 février il présente 100% d'oospores germées. On observe, par conséquent qu'en cas d'arrosage combiné avec le froid, la maturation des oospores suit la même marche qu'en cas de pluie seule, ce qui nous permet de conclure que les dix jours de gelée n'ont pas contribué à interrompre le sommeil des oospores. Ici aussi, la pluie a été le facteur décisif et de toute façon le froid n'a pas nui à la maturation des oospores. Ceci posé, nous constatons encore une fois, pour ce qui concerne les groupes ΨB_1, ΨB_2, ΨB_3 et ΨB_4, que l'augmentation du nombre des arrosages non seulement entraîne l'augmentation du pourcentage de germination mais encore qu'elle raccourcie de beaucoup le temps nécessaire pour le réveil des oospores.

L'influence exercée par le froid sur l'interruption du sommeil des oospores a fait l'objet d'observations plus détaillées dans les groupes $B\Psi_1$, $B\Psi_2$, $B\Psi_3$ et $B\Psi_4$, où le facteur pluie était constant soit 300 millimètres pour chacun des quatres groupes et seul variait le nombre des jours de froid de 0, pour le premier groupe, à 30 pour le dernier.

Si l'on examine, à la dernière ligne du tableau II, les moyennes de pourcentage de la germination enregistrées lors des examens suc-

cessifs, on observe que les quatre groupes ne présentent pas entre eux de différences notables; leurs moyennes se placent entre 25 et 30°/₀ et correspondent au pourcentage de germination du groupe B_3 qui a reçu 300 millimètres de pluie, sans froid. Nous en concluons, par conséquent, que le froid n'exerce aucune influence sur la maturation des œufs. On peut, au contraire, admettre qu'une série de jours de gelée survenant à l'époque où commence la maturation des œufs exerce une action défavorable sur la vitesse de la maturation. Ceci ressort du tableau II, si l'on examine le pourcentage de germination des groupes $B\Psi_2$, $B\Psi_3$ et $B\Psi_4$, qui ont subi en décembre 2, 4 et 6 jours de froid, respectivement. Nous observons à ce sujet que, lors de l'examen du 21 décembre, le groupe $B\Psi_1$ présente un pourcentage de germination élevé (32°/₀), tandis que les groupes $B\Psi_2$, $B\Psi_3$ et $B\Psi_4$ ne marquent que 5, 2 et 7°/₀, respectivement. Lors de l'examen du 2 janvier, le groupe B_1 marque 26°/₀, le groupe $B\Psi_2$ marque 23°/₀, le groupe $B\Psi_3$, 17°/₀, tandis que le groupe $B\Psi_4$ se maintient toujours au niveau de 7°/₀. Quoi qu'il en soit, finalement le froid n'a pas empêché la maturation des œufs; il n'a fait que la retarder quelque peu; quant au pourcentage de leur germination, il ne l'a aucunement influencé.

Reste à examiner la maturité des œufs exposés dans des conditions atmosphériques; elle apparaît dans la dernière colonne du tableau II, où l'on voit que les oospores du groupe ΦΣ commencent à germer dès le 11 décembre, c'est-à-dire dix jours après avoir été exposées en plein air. Le pourcentage de germination est encore bas et ne s'élève que de très peu jusqu'au début de février; on observe alors le réveil d'un grand nombre d'oospores, dans une proportion de 50°/₀. Jusqu'à cette date, les oospores de ce groupe avaient été imprégnées dix-huit fois par des précipitations atmosphériques, d'une hauteur de 191 millimètres au total, et avaient subi neuf jours de gelée. La maturation des oospores de ce groupe, en ce qui concerne la rapidité et le pourcentage, a été parallèle à celle du groupe B_2. Cela s'explique par le fait que les trempages du groupe ΦΣ avaient lieu à des intervalles de 4-5 jours environ, comme on le voit au tableau I, excepté la dernière décade de janvier, marquée par une période de pluies fréquentes qui ont vraisemblablement occasionné le haut pourcentage de germination observé. Ce qui précède fait ressortir que, dans la nature aussi et sous les conditions d'une faible pluviosité, plus de la moitié des oospores doivent arriver à maturation vers la fin de janvier.

B. INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LA MATURATION DES OOSPORES

En étudiant l'influence exercée par la pluie et le froid sur la maturation des oospores, nous avons observé dans le chapitre précédent certains phénomènes qui rendent nécessaire d'examiner spécialement la chaleur en tant que facteur de maturation des oospores.

TABLEAU III

Nombre de jours demandé pour la germination des premières oospores de chaque groupe lors des examens successifs.

Date de la mise en germination	Groupes d'oospores											
	B_1	B_2	B_3	B_4	ΨB_1	ΨB_2	ΨB_3	ΨB_4	$B\Psi_1$	$B\Psi_2$	$B\Psi_3$	$B\Psi_4$	$\Phi\Sigma$
2-12-57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12-57	0	0	13	13	0	16	16	16	13	16	16	—	13
21-12-57	0	0	10	10	0	12	12	9	10	12	10	14	13
2- 1-58	0	13	8	7	0	—	11	8	8	11	9	13	8
11- 1-58	0	10	7	—	0	10	9	7	7	9	7	7	7
21- 1-58	0	13	6	6	0	10	8	6	6	8	7	6	6
1- 2-58	0	8	5	5	0	7	6	5	5	6	6	6	5
11- 2-58	0	7	4	3	0	6	5	5	4	5	5	6	4
21- 2-58	0	7	1	1	0	4	4	2	1	4	4	5	1
3- 3-58	0	7	1	1	0	4	2	2	1	2	3	5	1
11- 3-58	0	6	1	1	0	—	1	2	1	1	3	4	1

Le tableau III marque, en nombre de jours, la durée demandée pour la germination des premières oospores de chacun des groupes B_1, B_2, B_3, B_4, ΨB_1, ΨB_2, ΨB_3, ΨB_4, $B\Psi_1$, $B\Psi_2$, $B\Psi_3$, $B\Psi_4$ et $\Phi\Sigma$, lors des examens sucessifs aux dates déterminées. Si nous précisons « des premières oospores », c'est que la germination dans chacun des fragments pourrait se prolonger même au-delà de 20 jours. L'examen du tableau précité fait ressortir que, depuis les premières mises en germination, en décembre, la durée de germination des premières oospores va en diminuant à mesure que l'on avance vers le printemps. Ainsi, cette durée était de 13-16 jours pour tous les groupes à la date du 11 décembre 1957 et n'était plus que de 1 – 6 jours à la date du 11 mars 1958. Un phénomène de ce genre a été observé pour la première fois par Arens (1929) et plus tard par Darpoux (1943), dans le cas de germination d'oo-

spores maintenues sous des conditions naturelles. Arens (1929) a aussi constaté qu'outre cette diminution progressive de la durée de germination, il y en eut une autre, celle-là brusque, survenue au début d'avril. Le phénomène a été attribué au fait que le mois de mars précédent avait été un mois chaud. Dans notre cas nous avons également constaté un brusque raccourcissement de la durée de germination, en ce qui concerne les œufs mis en germination le 21 février 1958. Ce phénomène apparaît plus nettement dans les groupes B_3, B_4, ΨB_4, $B\Psi_1$, ainsi que dans le groupe $\Phi\Sigma$, lequel comprend les œufs ayant hiverné dans des conditions naturelles. Nous estimons que le temps extraordinairement chaud de la deuxième et de la troisième décade de février a certainement contribué à ce brusque raccourcissement de la durée de germination. La température moyenne du mois en question a été, en effet, durant cette période, plus haute que la moyenne habituelle, et le minimum de la température est resté près et même au-dessus de 10 °C. Ce brusque raccourcissement de la durée de germination n'a pas été observé sur les groupes $B\Psi_3$ et $B\Psi_4$, qui ont subi, entre le 1er et le 20 février, respectivement 6 et 10 jours de froid, notamment quelques jours avant leurs mise en germination; en général, dans ces deux groupes, la durée de germination, quoique présentant une certaine diminution progressive depuis décembre jusqu'à mars, n'en reste pas moins un peu plus longue que celle que l'on observe sur les groupes ayant reçu la même pluie mais n'ayant pas subi le froid

S'il est donc vrai, comme cela ressort des expériences d'Arens (1929) et des nôtres, qu'à un moment donné la température a provoqué un si brusque raccourcissement de la durée de germination, il faut en conclure que c'est également la température qui a été le facteur principal de la diminution progressive de cette durée entre décembre et mars.

Afin d'étudier l'influence du facteur de la température sur la maturation des œufs, nous avons effectué l'expérience suivante:

Un certain nombre de fragments portant des oospores récoltées en novembre ont été mis en pot et placés sous l'influence de conditions de températures naturelles, sous un hangar. Les fragments mis dans un réseau de fil de fer, furent enfouies à un centimètre sous la terre du pot et reçurent, depuis le commencement de décembre jusqu'à la fin de mars, 300 millimètres de pluie, comme le groupe B_3 du tableau I.

Tous les dix jours à partir du 1er décembre jusqu'au 17 mars, on

prélevait trois fragments, dont chacun était coupé en deux moitiés. L'une moitié était mise en germination à 22-23 °C, et l'autre était conservée dans le réfrigérateur à 6-7 °C. Ainsi se formèrent deux groupes, comprenant chacun trois moitiés. Les groupes α_1, β_1, γ_1 etc., immédiatement placés en germination, indiqueraient la maturité des oospores au moment du prélèvement, tandis que les groupes α_2, β_2, γ_2, etc., conservés dans le réfrigérateur à une température relativement basse, mais imprégnés d'eau tout comme les fragments restant dans le pot, montreraient l'influence exercée sur la maturation par le manque de la température enregistrée en plein air. A la date du 17 mars, les oospores des groupes conservés dans le réfrigérateur ont été toutes mises en germination, à 22-23 °C.

Le tableau IV, où figurent les résultats de cette expérience, fait ressortir en premier lieu qu'en ce qui concerne les oospores des groupes α_1, β_1, γ_1 etc., placées pour germer à des dates diverses, la durée de germination a constamment diminué entre le 1er décembre et le 17 mars. En revanche, les oospores des groupes correspondants α_2, β_2, γ_2 etc., restées dans le réfrigérateur et mises à l'étuve le 17 mars, n'ont pas germé toutes à la fois mais bien à des intervalles sensiblement différents. Les oospores placées au réfrigérateur en décembre ont mis pour germer 9-7 jours, en janvier 7 jours, en février 7-4 jours et en mars 3-1 jours. Nous constatons, par conséquent, que des oospores simultanément mises à l'étuve et qui auraient dû se trouver dans le même état de maturation, si cet état était déterminé uniquement par le facteur de l'humidité, ont en réalité présenté des différences de maturation, apparamment parce que le facteur de la température était éliminé. On dirait que les oospores successivement placées dans le réfrigérateur ont conservé leur degré de maturation initiale. C'est la raison pour laquelle la durée de germination des oospores dans les groupes α_2, β_2, γ_2 etc. va en diminuant de décembre à mars. Les légères différences en moins observées dans la durée de germination des oospores des groupes β_1, γ_1 et δ_1, par rapport aux groupes correspondants β_2, γ_2, et δ_2, doivent être attribuées au fait que, dès lors qu'il y avait dans le réfrigérateur l'humidité indispensable à la maturation, même la basse température de 6-7 °C a contribué dans une certaine mesure a raccourcir la durée de germination. Le phénomène est plus nettement visible chez les oospores du groupe α_1, qui n'étant pas encore mûres, n'ont pas germé au 1er décembre, alors qu'après avoir été constamment maintenues sous une température de 6-7 °C et régulièrement arrosées jusqu'au 17 mars, elles ont mûri et

germé dans l'espace de neuf jours. Par contre, les différences en plus, observées entre les groupes ι_1, $\varkappa_1$ et λ_1, et les groupes ι_2, $\varkappa_2$ et λ_2, respectivement, doivent être attribuées à l'action inhibitrice du froid sur les oospores déjà mûres et prêtes à germer.

L'eau et la chaleur n'agissent pas séparément sur la maturation des œufs. Leur action est étroitement interdépendante. Comme on le voit au tableau III, si la durée de germination des oospores du groupe B_2 diminue de décembre à mars, elle ne demeure pas moins au niveau élevé de 7 jours, tandis que les oospores du groupe B_3, à la même époque, germent en un seul jour, bien que les deux groupes soient restés sous les mêmes conditions de température. Ce fait devrait être attribué à une imprégnation incomplète des oospores du groupe B_2. D'autre part, les oospores du groupe $B\Psi_4$ germent plus lentement que celles du groupe $B\Psi_1$. Cela est dû à la réfrigération continue des oospores du groupe $B\Psi_4$, puisque la fréquence des arrosages est la même dans les deux groupes.

TABLEAU IV

Durée de germination d'oopsores mûries sous l'influence de températures diverses.

Groupes d'oospores	Mise en germination	Durée de germination en jours	Groupes d'oospores	Mise en germination	Durée de germination en jours
α_1	2-12-57	0	α_2	17-3-58	9
β_1	11-12-57	13	β_2	»	9
γ_1	21-12-57	10	γ_2	»	7
δ_1	2- 1-58	8	δ_2	»	7
ε_1	11- 1 58	7	ε_2	»	7
ζ_1	21- 1-58	6	ζ_2	»	7
η_1	1- 2-58	5	η_2	»	6
ϑ_1	11- 2-58	4	ϑ_2	»	5
ι_1	21- 2-58	1	ι_2	»	4
$\varkappa_1$	3- 3-58	1	$\varkappa_2$	»	3
λ_1	11- 3-58	1	λ_2	»	3
μ_1	17- 3-58	1	μ_2	»	1

La conclusion finale qui se dégage de ce qui précède est que, si les oospores sont régulièrement humectées, le degré de leur maturation dépend de la température du milieu.

C. CONCLUSIONS

Les recherches ci-dessus exposées permettent de tirer les conclusions suivantes en ce qui concerne la maturation des oospores:

Les oospores récoltées en novembre et conservées en plein air, sous une légère couche de terre, depuis décembre jusqu'à mars, loin de toute imprégnation, ne germent point, même si elles sont placées pendant 30 jours sous les conditions de température et d'humidité optimum. Cela dénote que les oospores se trouvent en état de vie latente et que, pour germer, elles ont besoin d'une période de maturation. Cette maturation ne paraît pas s'accomplir par de processus lents et exclusivement intrinsèques et sans l'influence de facteurs extérieurs.

Il a été notamment constaté que la pluie exerce une action décisive sur l'interruption du sommeil des oospores. Dans un pourcentage élevé, environ 30%, les oospores achèvent leur maturation dans l'espace de 20 jours, pourvu que, durant ce laps de temps, elles soient imprégnées tous les deux jours. Ce pourcentage augmente si les trempages sont plus fréquents. Ainsi, plus de 50% des oospores peuvent mûrir dans l'espace d'un mois si elles sont humectées tous les jours. Il a été, enfin, constaté que l'humidification quotidienne pendant deux mois entraîne la maturation du total des oospores. Par contre, l'arrosage pratiqué à des intervalles plus espacés retarde la maturation et, d'autre part, diminue le nombre d'oospores capables de germer.

Ces constatations expérimentales sont d'un grand intérêt pratique, quand il s'agit de régions dont il n'est pas certain que les pluies sufisent pour la maturation des œufs du Mildiou. En se basant sur les données précitées, nous pouvons évaluer d'avance, à titre d'indication, le pourcentage de maturation des oospores dans une région déterminée. C'est ainsi que, si le nombre des jours de pluie par mois oscille entre 0 et 5, le pourcentage de maturation fluctuera entre 0 et 25%. Si le nombre des jours de pluie atteint 5-15 pendant la même période, la proportion d'oospores mûres pourra être de 25-30%. Enfin 15 à 30 jours de pluie par mois permettent d'escompter 50-100% d'oospores mûres.

Les tableaux V et VI indiquent le nombre de jours de pluie durant les mois de décembre, janvier, février et mars, dans les régions de Vello et de Patras qui font l'objet de cette étude. D'après le tableau V, la moyenne des jours de pluie des mois de décembre et de janvier, pendant onze ans, a été de 8 et de 9, respectivement. Ce régime de

TABLEAU V

Nombre de jours de pluie singalé dans la région de Vello durant la période décembre-mars.

Années	Décembre	Janvier	Février	Mars	Total
1947	11	17	9	0	37
1948	6	5	4	3	18
1949	5	8	5	8	26
1950	11	4	1	10	26
1951	7	9	6	5	27
1952	7	5	11	6	29
1953	7	11	4	6	28
1954	13	11	9	11	44
1955	2	11	4	7	24
1956	5	9	10	10	34
1957	10	8	2	5	25
Moyenne	7,6	8,9	5,9	6,4	28,9

TABLEAU VI

Nombre de jours de pluie signalé dans la région de Patras durant la période décembre-mars.

Années	Décembre	Janvier	Février	Mars	Total
1947	21	12	13	5	51
1948	8	13	10	5	36
1949	9	10	4	15	38
1950	21	15	8	13	57
1951	13	12	9	10	44
1952	15	18	18	9	60
1953	9	15	13	6	43
1954	11	21	13	13	58
1955	5	14	10	9	38
1956	11	12	20	11	54
1957	11	11	8	4	34
Moyenne	12,2	13,9	11,5	9,1	46,7

précipitations permet d'escompter que, dans la région de Vello, plus de 25°/₀ des oospores doivent arriver à maturité vers la fin du

mois de janvier. D'autre part, les jours de pluie enregistrés en février et en mars, soit en moyenne six pour chaque mois, devraient assurer la conservation de l'état de maturité, par imprégnations régulières, jusqu'au début d'avril.

Pour ce qui concerne la région de Patras, les moyennes de onze ans des jours de pluie pour les mois de décembre et de janvier, qui figurent au tableau VI, peuvent assurer la maturation de la moitié, approximativement, des oospores produites dans la nature.

On a vu que le froid sous forme de gelée ne contribue pas à interrompre le sommeil des oospores. Il n'empêche pourtant pas leur maturation finale et ne fait que la retarder quelque peu. Cette constatation ne se trouve pas en contradiction, croyons-nous, avec l'interruption de sommeil qu'Arens (1929) a obtenue en soumettant les oospores pendant 12 heures à des températures très basses, de l'ordre de – 20 °C.

La durée de germination des oospores, dès qu'elles sont placées dans des conditions optimum de germination, diminue progressivement de l'hiver au printemps. Cette durée est-elle une durée de maturation, ou bien une préparation à la germination? Nous reconnaîtrons avec Blackwell (1943) qu'il est difficile de déterminer à quel moment s'achève la période de sommeil hivernal des oospores pour faire place à la préparation de leur germination. Étant donné que l'eau est le facteur principal de l'interruption de leur sommeil et, en même temps, l'élément indispensable à leur germination, la discrimination des deux périodes soulève des difficultés manifestes. Toujours est-il qu'en l'espèce nous ne pouvons pas considérer que deux oospores se trouvent au même degré de maturité lorsque l'une met 16 jours à germer et l'autre germe en un jour. Ce qui contribue considérablement à cette diminution de durée c'est, parallèlement à l'eau, la température du milieu. Des oospores conservées dans le réfrigérateur à 6-7 °C, depuis décembre jusqu'à mars, ont gardé à peu près la même maturité qu'elles avaient avant d'être mises au réfrigérateur. La chaleur n'agit pas isolément, mais combinée à l'humidité administrée aux oospores, l'un de ces deux facteurs pouvant inhiber l'influence favorable exercée par l'autre sur la maturation.

Cette contribution de la chaleur à la maturation des œufs n'était pas inattendue. Les processus physiologiques qui s'accomplissent en général dans les œufs des champignons et les amènent à maturation ont absolument besoin d'un potentiel thermique au service de leurs réactions biologiques de toute nature. D'autre part, comme il a été

prouvé que l'eau est indispensable à la maturation, la température doit exercer une influence régulatrice essentielle sur l'absorption de celle-ci. Gottilieb (1950) a notamment signalé une diminution de viscosité de l'eau de 60% lorsque la température s'élève de 0 à 36 °C.

III. GERMINATION DES OOSPORES

Les oospores mûres du *Plasmopara viticola* germent dès qu'elles trouvent des conditions favorables de température et d'humidité.

Pour ce qui concerne la température, Ravaz (1914) a démontré que la germination des œufs ne s'accomplit pas à une température inférieure à 11 °C. Arens (1929) a aussi constaté que la température minimum de germination se trouve au-dessus de 10 °C. Les minimum et maximum de température, sous lesquels Arens a obtenu la germination d'oospores, ont été, respectivement, de 13-14 °C et de 32 °C. L'optimum, toujours d'après Arens (1929), serait à 25 °C et, d'après Gregory (1915), à 23 °C. Notons encore que, d'après Baldacci (1947), la température minimum de germination serait de 12-13 °C, qui est celle des couches superficielles du sol et correspond à 10 °C de température de l'air.

Il ressort des données bibliographiques précitées que, pour les oospores, la température minimum de germination est la température de 10-11 °C.

Mais il s'agit là d'une température constante, obtenue au laboratoire. Dans la nature, la température diurne est sujette à des fluctuations plus ou moins amples, selon l'époque de l'année et, en général, selon le climat du pays. De ce fait, il est naturel que, au printemps, le maximum de température s'élève sensiblement au-dessus de 11 °C, alors que le minimum tombe au-dessous de cette limite. En Grèce, un écart de 10 °C, notamment pendant les mois de printemps, n'est pas un phénomène rare. La question se pose donc de savoir si la germination des oospores est entravée par le fait que la température minimum ou même que la température moyenne tombent au-dessous de 11 °C.

Pour répondre à cette question nous avons effectué l'expérience suivante.

Un certain nombre de fragments de feuilles de vigne portant des oospores mûres ont été conservés à une température de 6-7 °C et maintenus constamment en état d'humectation. A partir du 1er mars jusqu'au 30 avril 1958, le 1er, le 11 et le 21 de chaque mois,

trois fragments étaient prélevés et coupés chacun en trois parties. Il se formait ainsi trois groupes parfaitement semblables, dont chacun était composé de trois parties des fragments différents. Ces groupes étaient placés dans des boîtes de Petri, suivant le procédé ci-dessus, le premier (α) à une température constante de 23 °C, le deuxième (β) à la même température constante de 23 °C pendant la plus grande partie de la journée et le reste du temps en réfrigérateur à 6-7 °C de température constante; enfin le troisième (γ) était placé en plein air, dans la cage météorologique.

Les résultats de ce dernier cas de l'expérience apparaissent sur le graphique de la figure 1. Il en ressort que les oospores mûres mises pour germer le 1[er] mars sous des conditions naturelles donnent leurs

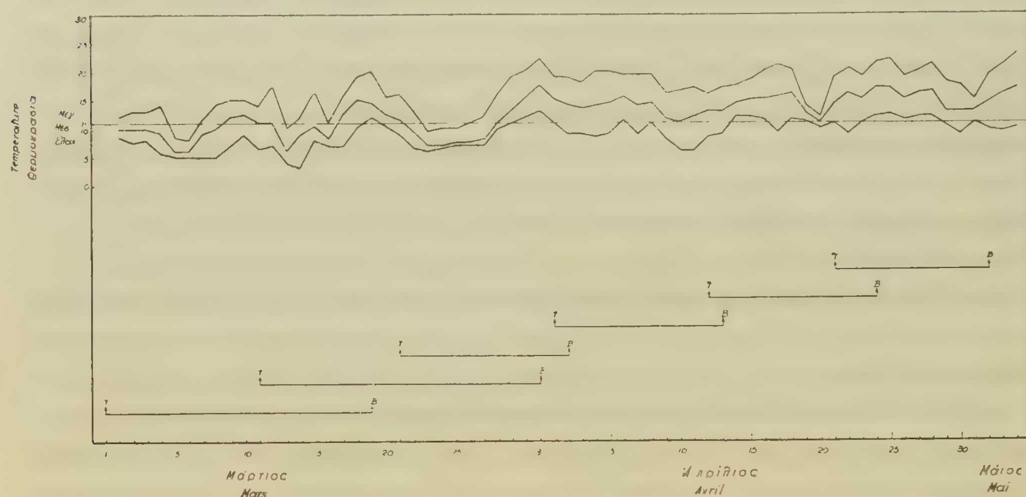


Fig. 1. Germination des oospores en fonction des températures fluctuantes.

premières macroconidies le 19 du même mois. Dans cet intervalle la température minimum est restée inférieure à 11 °C, ayant fluctué entre 3 et 10 °C, avec une moyenne de 6 °C. D'autre part, la température moyenne, excepté cinq jours durant lesquels elle s'est élevée au-dessus de 11 °C, est aussi restée au-dessous de cette limite, soit à 9,9 °C. Enfin la température maximum, n'étant tombée que pendant trois jours au-dessous de 11 °C, s'est constamment maintenue au-dessus de ce degré. Les oospores placées le 11 mars ont germé le 31 du même mois, la température minimum ayant été dans cet intervalle presque constamment au-dessous de 11 °C, avec une moyenne de 7,8 °C. La température moyenne oscilla, durant ce même intervalle, entre 6 et 17 ° C, avec une moyenne de 10 °C. Les oospores placées le 21 mars

ont germé le 2 avril. Durant cette période on observe, d'une part que les trois températures minimum, moyenne et maximum, tombent au-dessous de 11 °C entre le 23 et le 27 mars et que, d'autre part, elles s'élèvent au-dessus de cette limite entre le 27 mars et le 2 avril. Enfin, les oospores placées après le 31 mars ont germé dans des conditions de température maximum et moyenne dépassant les 11 °C, mais de température minimum presque toujours inférieure à cette limite.

On voit par ce qui précède qu'une température minimum, fluctuant au-dessous de 11 °C, n'empêche pas la germination des oospores. D'ailleurs, comme on le voit durant la période initiale de l'expérience, la température moyenne peut aussi tomber au-dessous de 11 °C sans entraver la germination. On en peut donc conclure qu'il suffit d'une température supérieure à 11 °C pendant un certain laps de temps pour que la germination des œufs se produise. Et comme ce laps de temps se prolonge ou se raccourcit suivant les conditions de la température, la seule interprétation possible serait que, arrivées à un certain degré de maturité, les oospores ont besoin, pour germer, d'une somme de températures supérieures à 11 °C. Cela se voit très nettement dans le tableau VII, où figurent les durées de germination des trois groupes α, β et γ, exprimées en nombre de jours, ainsi que la somme de températures nécessaire à la germination. Cette somme a été établie, en ce qui concerne le groupe α, par addition, toutes les deux heures, de la température de l'étuve, en ce qui concerne le groupe β, de la même manière, soustraction faite des heures pendant lesquelles les fragments sont restés à une température de 6-7 °C, et en ce qui concerne le groupe γ, par addition, toutes les deux heures, des températures supérieures à 11 °C signalées par un thermomètre enregistreur placé dans la cage météorologique.

En comparant les sommes de températures du groupe α à celles du groupe γ, respectivement, on observe que pour tous les cas il y a identité presque absolue. L'examen du 11 mars a bien présenté une légère différence, mais étant donné que l'observation de germination se faisait une fois par jour, il n'était pas possible de mesurer exactement, la durée de la germination en heures.

Outre ce qui précède, le tableau VII indique aussi qu'en soumettant les oospores à une température de 6-7 °C, tous les jours pendant 2, 4 et 5 heures, on n'en empêchait aucunement la germination. Le séjour des oospores pendant 4 ou 5 heures sous des conditions de basses températures a quelque peu retardé la germination, mais la somme de températures nécessaire a été la même que pour le

TABLEAU VII

Germination des oospores en fonction des températures stables ou fluctuantes.

Date de de la mise des oospores en germination	Température stable 23° C groupe α		Température stable 23 et 6-7° C groupe β		Température fluctuante en plein air en °C groupe γ	
	Date de germination	Somme de températures	Date de germination	Somme de températures	Date de germination	Somme de températures
1- 3-58	5- 3-58 j. 4	1104	5- 3-58 j. 4 à temp. 6-7 °C pendant 2 heures	1012	19- 3-58 j. 18	1091
11- 3-58	15- 3-58 j. 4	1104	17- 3-58 j. 6 à temp. 6-7 °C pendant 4 heures	1380	31- 3-58 j. 20	1240
21- 3-58	26- 3-58 j. 4	1104	26- 3-58 j. 5 à temp. 6-7° C pendant 5 heures (Le 23 et 25 mars les oospores n'ont pas été soumises à l'influence des températures basses mais ont été restées à 23 °C)	1200	2- 4-58 j. 12	1030
1- 4-58	7- 4-58 j. 6	1656	8- 4-58 j. 7 à temp. 6-7° C pendant 5 heures	1637	13- 4-58 j. 12	1526
12- 4-58	18- 4-58 j. 6	1656	—	—	24- 4-58 j. 12	1679
21- 4-58	27- 4-58 j. 6	1656	—	—	2- 5-58 j. 12	1634

groupe α, qui a été constamment maintenu à une température stable de 23 °C.

La constatation que la germination d'oospores peut s'accomplir à si basses températures, nous permet de croire qu'un certain nombre d'oospores devrait en certaines années germer au mois de mars, avant le débourrement de la vigne. En effet, comme il ressort du tableau VIII, la température moyenne d'une douzaine d'années, pour la 2e et la 3e décade du mois de mars, oscille entre 7 et 14 °C avec des moyennes respectives de 10,3 °C et de 11,5 °C, dans la région de Vello, et entre 8 et 16 °C, avec des moyennes respectives de 11,2 °C et de 12,9 °C, dans la région de Patras.

IV. PERTE DU POUVOIR GERMINATIF DES OOSPORES

Les oospores complètement mûres ne germent que si elles se trouvent dans les conditions de température et d'humidité indispensables à cette fin. Mais, si ces conditions font défaut, pendant combien de temps les oospores peuvent-elles conserver leur pouvoir germinatif? Le problème a été considéré ici sous un double aspect.

On a d'abord examiné, pour des raisons purement théoriques, dans quelle mesure les oospores peuvent conserver leur pouvoir germinatif dans un milieu artificiel de basses températures, à l'écart de toute influence de conditions naturelles de température et d'humidité. C'est ainsi que des oospores complètement mûres dès le 10 février 1958 ont été maintenues à partir de cette date à une température constante de 6-7 °C et sous l'influence des trempages plus ou moins fréquents, afin d'empêcher qu'elles ne se dessèchent complètement. Le 1er jour de chaque mois, une partie des oospores était placée dans des boîtes de Petri à 23 °C. L'expérience a permis de constater que les oospores ainsi conservées avaient gardé leur pouvoir germinatif jusqu'au 1er mars 1959, c'est-à-dire pendant plus d'une année, ce qui nous permet à conclure que, sous les conditions de l'expérience, pendant longtemps il ne se passe point à l'intérieur des oospores d'essentielles réactions entraînant la perte du pouvoir germinatif.

Les conditions qui déterminent l'expérience précitée ne se rencontrent dans la nature qu'en hiver et la valeur de cette donnée expérimentale consiste en ce qu'elle permet de savoir que des œufs mûrs depuis décembre, ou même plus tard, peuvent conserver leur faculté germinative jusqu'au printemps, étant entendu que n'interviendront point d'autres facteurs, dont il sera question ci-après.

TABLEAU VIII

Moyennes de dix jours des températures maximum, moyenne et minimum signalées pendant le mois de mars dans les régions de Vello et de Patras.

Années	Vello									Patras								
	1ère *			2e			3e			1ère			2e			3e		
	Max.	Me**	Min.	Max.	Me	Min.	Max.	Me	Min.	Max.	Me	Min.	Max.	Me	Min.	Max.	Me	Min.
1947	18	13	10	17,5	12	7	21	14	9	19	14	8	18	13	6	19	14	6
1948	14	10	6	14,5	10	5	15	10	5	17	11	3	16	11	4	16	11,5	4
1949	10	6	2	14	9	5,5	14	9	7	11	7	3	15	11	6	16	12	6
1950	14	10	8	16	12	8	13	9	6	16	12	6	18	13	5	16	12	5
1951	14	10,5	8	19	14	9	15	11	7	16	13	10	20	15	9	17	13	8
1952	12	8	4	13	8	5	18	13,5	9	15	10	6	15	10	3	21	16	8,5
1953	13	8	3	10,5	7	4	17	11	5	15	9	3	13	9	2	18	13	4
1954	15	11	6	14	11	8	16	13	9	17	12	6	16	12	8	19	14	9
1955	14	10	5	14,5	10	5	21	15	8	15	9,5	6	16	9	5	21	14	6,5
1956	14	8	3	11	8	5	11	8	6	13	9	4	12,5	8	4	15	10	5
1957	12	8	5	18	12	6	18,5	13	7	13	9	4	17	11,5	5	20	13,5	6
1958	13,5	10	6	15	11	5	15	11	7	15	11	8	16	12	8	18	12,7	10
Me	13,6	9,3	5,5	14,7	10,3	6	16,2	11,5	7	15,1	10,5	5,5	16	11,2	5,4	18	12,9	6,5

* Dizaine de jours. ** Me = Moyenne.

On a vu un peu plus haut que les conditions de température nécessaires à la germination des oospores mûres existent, dans les deux régions considérées, dès le mois de mars et que, par conséquent, à partir de cette époque il n'est plus question que la germination soit interrompue faute de ce facteur. Par contre, l'humidification également indispensable à la germination des oospores peut souvent faire défaut pendant de longues périodes au printemps. En de telles conditions d'imprégnation insuffisante, pendant combien de temps les oospores peuvent-elles conserver leur pouvoir germinatif? Pour répondre à cette question nous avons procédé à l'expérience suivante:

Un certain nombre de fragments contenant des oospores mûres, préalablement conservés à une température constante de 6-7 °C et humectés périodiquement, ont été, le 26 mars 1958, mis en pot, légèrement recouverts d'un peu de terre et placés sous un hangar à l'abri de la pluie. Ces fragments ont été imprégnés le 26 et le 27 mars, toute autre humidification ayant cessé à partir de cette date. Une partie de ces oospores étaient mises en germination, tous les 15 jours à partir du 31 mars.

TABLEAU IX

Conservation du pouvoir germinatif des oospores sous des conditions de sécheresse.

Date de la mise en germination	Date de germination
31 mars	1 avril
16 avril	20 »
1 mai	3 mai
16 »	21 »
1 juin	Pas de germination
16 »	» » »
1 juillet	» » »

On voit, d'après les résultats de l'expérience donnés au tableau IX, que les oospores ont germé normalement du 1er avril au 21 mai, soit pendant un mois et demi, environ. Après cette date, nous n'avons pu obtenir aucune germination, ce qui porte à conclure que, par suite de la déshydratation continue, les oospores avaient perdu leur pouvoir germinatif. Nous écartons l'hypothèse d'une influence pernicieuse éventuellement exercée par des températures élevées, d'une part

parce que le pot était placé à l'ombre et les oospores recouvertes d'un peu de terre, comme nous venons de le dire, et d'autre part parce que la température depuis le 16 mai jusqu'au 1er juin à fluctué entre 15 et 31 °C.

Ces résultats confirment les observations antérieures d'Arens (1929) qui, sous des conditions de sécheresse, obtenait des germinations entre le 10 juin et le 23 juillet, soit pendant un mois et demi, environ.

Les oospores de notre expérience qui avaient ainsi perdu leur pouvoir germinatif ont été de nouveau humectées à partir du 16 juillet 1958, tous les trois jours. L'examen de leur pouvoir germinatif depuis le 1er août jusqu'au 15 septembre a montré que celles-ci ne pouvaient plus germer. Cela prouve que les conditions de sécheresse subies par les oospores pendant un mois et demi n'ont pas simplement provoqué leur déshydratation, susceptible d'être enrayée par une nouvelle absorption d'eau, mais qu'elles ont entièrement désorganisé le méchanisme de la cellule.

Cette perte, relativement rapide, du pouvoir germinatif des oospores mûres pourrait expliquer pourquoi celles-ci ne germent parfois au printemps, lorsqu'il arrive qu'une longue période de sécheresse succède à la maturation, comme cela peut arriver en Grèce centrale et méridionale.

CHAPITRE II

DURÉE D'INCUBATION

La lutte rationnelle contre le Mildiou de la vigne est surtout une question de traitements exécutés opportunement. Par ailleurs, les traitements ne sont opportuns que si ils sont pratiqués à la veille de l'apparition de nouvelles conidies, les plus redoutables pour les invasions. La vigne, recouverte du produit anticryptogamique au moment où naissent les conidies dangereuses, échappe ainsi au danger d'une nouvelle invasion, qui eût été inévitable si la pluie de contamination survenait en ce moment. Les fructifications du parasite se produisent sur les taches qui apparaissent sur les feuilles peu de temps après la contamination. D'où le besoin de connaître la durée d'incubation de la maladie.

Par durée d'incubation nous entendons dans ce travail le temps écoulé depuis le moment de l'infection jusqu'au moment où apparaissent les premiers symptômes de la maladie. En général, le premier symptôme est celui de taches d'huile, bien que, dans une atmosphère saturée, les conidiophores puissent apparaître avant toute autre extériorisation du parasite. Mais cela est plutôt rare dans des conditions naturelles.

D'après certains chercheurs, notamment ceux qui ont étudié la biologie du parasite dans les pays de l'Europe centrale, l'incubation dure depuis le moment de la contamination jusqu'à l'apparition des conidiophores du parasite. Bien que cette conception s'écarte de la définition théorique de la durée d'incubation, que la phytopathologie a empruntée à la médecine elle n'en a pas moins une très grande portée pratique, en ce qui concerne les prévisions des invasions. Mais, en Europe centrale, l'humidité relative de l'atmosphère qui détermine l'apparition des conidiophores peut se présenter fréquemment d'où il s'ensuit que le temps qui s'écoule depuis l'apparition des taches d'huile jusqu'à la sortie des conidiophores comporte une certaine régularité.

Dans les deux régions examinées, les taches d'huile peuvent présenter des conidiophores, comme nous le verrons, dès la première nuit de leur apparition, ou bien rester longtemps stériles durant un laps de temps dépendant de l'humidité de l'atmosphère, qui n'est pas toujours favorable. Du point de vue pratique, nous croyons donc nécessaire de considérer comme durée d'incubation le plus court intervalle, après l'expiration duquel on peut avoir de nouvelles conidies.

Dans presque tous les pays viticoles, la question de la durée d'incubation a fait l'objet de longues études et a parfois servi de fondement pour établir les prévisions des invasions du parasite. Mais, comme la durée d'incubation dépend de divers facteurs climatiques, il n'a pas été possible de mettre à profit les abondantes données bibliographiques existantes et il a fallu reprendre l'étude du phénomène, non seulement dans chaque pays en particulier mais encore dans diverses régions d'un seul et même pays. Cette diversité dans la durée d'incubation, nous a mis dans l'obligation de réexaminer la question en Grèce.

Au début, le problème a été étudié pendant toute une série d'années, dans les deux régions de Vello et de Patras, par simple observation des contaminations naturelles. Cependant, plus tard, en raison du nombre restreint des invasions du parasite par an, et aussi à cause de la difficulté que présente la détermination exacte de la date d'apparition des taches, le travail s'est poursuivi pendant deux ans au moyen des inoculations artificielles effectuées dans le vignoble. Les inoculations artificielles ont été réalisées, en ce qui concerne la région de Patras, dans le vignoble de la Station Phytopathologique, et en ce qui concerne la région de Vello, dans celui de l'Annexe de l'Office Autonome des Raisins Secs, à Coconi, qui dispose d'une cage météorologique.

MÉTHODES ET MATÉRIEL

Matériel. Les inoculations artificielles commençaient au début d'avril, aussitôt après le débourrement, notamment lorsque les vignes présentaient les premières feuilles susceptibles d'être contaminées, et se poursuivaient régulièrement tous les dix jours jusqu'à la fin d'octobre.

Dans ce but on a utilisé deux ceps de variétés suivantes: Vigne de Corinthe, Sultanina, Rhazaki, Rhoditis, Phraoula et Sidéritis.

Étant donné que la durée d'incubation varie, comme nous le

verrons, dans les différentes feuilles du même sarment, le choix de la feuille était fait de manière à utiliser pour chaque inoculation des feuilles à peu près de même âge. On a donc utilisé pendant la première année des recherches, une seule feuille de chaque sarment, notamment la 4e ou la 5e numérotées à partir du sommet de la pousse (Figure 2).

Durant la deuxième année des recherches on inoculait trois feuilles par sarment, à savoir la 4e, la 5e et la 6e (Figure 2). Ce choix des feuilles à contaminer offrait un double avantage, car il permettait, d'une part, d'éviter autant que possible les variations de la durée d'incubation dues au facteur de l'âge des feuilles et, d'autre part, de déterminer la durée d'incubation sur les feuilles habituellement touchées par le parasite aux contaminations naturelles, le restant se trouvant déjà sous la protection des fongicides. En travaillant de cette manière on avait, la première année, deux feuilles inoculées de chaque variété, soit douze au total tous les dix jours, et la deuxième année, six feuilles contaminées par variété, soit trente-six au total tous les dix jours.

Inoculation. Les inoculations se faisaient en déposant sur la surface inférieure des feuilles 8-10 gouttes d'une suspension de conidies. Les feuilles inoculées étaient entourées des sachets en matière plastique, mouillés à la face intérieure, dont les bords étaient resserrés de manière à créer autour de la feuille une atmosphère saturée. Les inoculations pendant le mois d'avril et au début de mai pouvaient être réalisées à n'importe quelle heure du jour, mais plus tard, à mesure que la température montait, les contaminations réussissaient seulement si elles étaient faites le soir, car à toute autre heure du jour, la température à l'intérieur des sachets entourant les feuilles était de beaucoup supérieure à la température déjà élevée de l'atmosphère, ce qui empêchait la germination des conidies. C'est ainsi que, du printemps à l'automne, toutes les inoculations étaient réalisées à 18 h., à 19 h. ou à 20 h., suivant la saison. Les feuilles contaminées restaient dans la chambre humide jusqu'à 8 h. du lendemain. Les sachets étaient alors enlevés.

A partir du moment de l'inoculation, l'examen des feuilles se faisait deux fois par jour, matin et soir. L'apparition des taches d'huile et, parfois mais rarement, l'apparition directe des conidiophores sans tache préalable, indiquait la fin de la période d'incubation. L'examen quotidien des taches permettait ensuite de déterminer la date de l'apparition des conidiophores du parasite.



Fig. 2. Schéma d'un sarment de vigne montrant la position des feuilles utilisées pour les inoculations artificielles.

Étant donné que, dans les premiers stades du développement de la vigne, le Mildiou n'était pas encore apparu, il n'était pas possible d'avoir des conidies pour les premières inoculations artificielles. Afin de surmonter cette difficulté on obtenait des conidies précoces, de la manière ci-après :

Certaines vignes cultivées en pot étaient placées pour débourrer en serre à une température de 22 °C dès le début de mars. Les feuilles précoces ainsi obtenues étaient contaminées au moyen de macroconidies provenant d'oospores en germination qui avaient hiverné sous des conditions naturelles. Les conidies ainsi produites étaient utilisées pour les premières inoculations artificielles en plein air.

Données météorologiques. Afin de calculer la moyenne de la température et de l'humidité relative durant le phénomène d'incubation on tenait compte des données enregistrées toutes les deux heures par un thermohygrographe placé dans la cage météorologique à proximité des vignes inoculées.

I. DURÉE D'INCUBATION DANS LES RÉGIONS DE VELLO ET DE PATRAS

Les durées d'incubation, en fonction de la température et de l'humidité relative, obtenues pendant les deux années des recherches figurent aux tableaux X et XI. On a réuni dans ces tableaux les durées d'incubation déterminées sur les feuilles 4, 5 et 6 (Figure 2), qui ont été utilisées pour les inoculations artificielles, comme il a été exposé plus haut. En cas de deux chiffres, le premier correspond à la 4e feuille et le deuxième à la 6e. Le chiffre unique correspond à la 4e feuille.

Les variations de la durée d'incubation en fonction de la température apparaissent plus nettement sur les graphiques des figures 3 et 4. Les courbes ont été construites d'après les tableaux X et XI, en prenant les plus courtes durées observées à des températures différentes sur les variétés Rhoditis, Rhazaki, Phraoula, Sidéritis et Sultanina qui sont d'ailleurs assez rapprochées. En examinant la courbe de la figure 3 on observe que, dans la région de Vello, à une température moyenne de 14 °C, la durée d'incubation correspond à 8 jours. A la température de 16 °C, la durée d'incubation tombe subitement à 3 jours et reste la même jusqu'à la température de 20 °C ; la durée d'incubation tombe alors à 2,5 jours et reste à ce niveau jusqu'à 25 °C.

TABLEAU X

Durées d'incubation obtenues, dans la région de Vello en fonction de la température et de l'humidité relative.

Température moyenne en °C	Durée d'incubation en jours					Date d'inoculation	Humidité relative moyenne %	Temps écoulé entre l'extériorisation des taches d'huile et l'apparition des conidiophores
	Rhazaki	Phraoula	Sidéritis	Sultanina	Vigne de Corinthe			
14	8	8-9	9	8-9	8	21-4-58	71	10
16	3-4	3-4	3-4	3-4	5	2-5-58	67	10
17	3	3	3-4	3-4	5	20-5-58	72	6-7
17,5	3	3	3	3-4	4-5	1-5-57	69	4-5
18	3	3	3	3	4	11-5-57	73	3-4
20	3-4	3-4	4	3-4	5-6	22-5-58	66	7
20	6,5	5,5	5,5-6,5	5,5-6,5	—	11-6-58	64	8
21	4	4	4	4	5	13-5-58	66	5
22	2,5	2,5	2,5	2,5	5-6	1-6-57	61	7-8
23	3-4	3-4	3-4	3-4	4,5-6	1-6-58	63	7-8
23,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	21-6-58	62	3
23,5	5	5	5	5	5	23-7-57	60	—
24	6	6	7	6	8	11-6-57	54	12
24	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	15-6-57	—	—
24	6	6	—	5-6	6	2-7-58	58	—
24	2,5-6,5	2,5-5,5	2,5-5,5	2,5-5,5	4-6	12-7-58	53	—
24	2,5-5	2,5-5	2,5-4,5	2,5-5	4-5,5	3-8-58	54	30
24	5	5	5	5	5-6	20-8-57	63	6
24,5	5	5	5	4-5	5	12-7-57	59	—
24,5	4	4	4	4	4	6-8-57	59	12
25	6	7	7	6	8	4-7-57	48	—
25	2,5-3,5	2,5-4	2,5-4,5	2,5-3,5	4-4,5	23-7-58	66	—
25	3-4	3,5-5	3-5	3,5	5-6	12-8-58	59	15
25	4-5	4-7	4-5,5	4,5-6	5-7	26-8-58	59	2
26	4,5	4,5	4,5	4,5	—	20-6-57	57	4
28	6	6	6	6	6	12-8-57	53	4

TABLEAU XI

Durées d'incubation obtenues dans la région de Patras en fonction de la température et de l'humidité relative.

Température moyenne en °C	Durée d'incubation en jours						Date d'inoculation	Humidité relative moyenne %	Temps écoulé entre l'extériorisation des taches d'huile et l'apparition des conidiophores
	Rhoditis	Rhazaki	Phraoula	Sidéritis	Sultanina	Vigne de Corinthe			
14	9	10	9-10	9-10	9-10	9-10	15-4-57	63	5
15	8	8	8	8-9	8-9	9-10	21-4-58	76	3
16	7	7-8	7-8	7-8	8-10	7-12	7-5-57	65	1
17	5-6	6-7	6	5-6	5-6	7-9	29-4-57	64	2-3
17	8-9	10-10,5	8-10	9	10,5-11	11	1-5-58	72	1
17	5	4-7	6	7	4-6	5-7	19-5-57	64	1
19	4,5-5,5	3,5-4,5	4-5,5	4.5-6	4-5,5	7-8	21-5-58	77	5
21	2,5	2,5-4,5	2,5-4	2.5-4 5	2,5-4,5	6-7	11-5-58	72	2
21	2,5-3	2,5	3,5	2.5	3,5	5	29-6-57	66	7
21,5	2,5-3	2,5-3	2,5 3	2,5-3	3,5	5	29-5-57	65	2-6
23	2,5-3	2,5-4,5	2,5-3	3-4	2,5-3	5,5-6,5	11-6-58	76	10
23	2,5-4	2,5-4,5	2,5-4	3-4,5	3-4,5	4,5-5,5	21-6-58	78	9
23	2,5	3	3		—	—	30-8-57	71	—
24	2,5-3,5	2,5-3,5	2,5-3,5	3-4	2,5-3,5	5-6	1-6-58	67	6
24	2,5-3	2,5-3,5	2,5-3	2.5-3.5	2,5-3	5,5-6	1-7-58	72	9
24	3,5-4,5	2.5-4	2,5-4,5	4-4,5	3-4.5	5,5-6,5	11-7-58	63	3-4
24	3,5-5	2,5-3,5	2.5-5	3,5-4,5	3,5-5	5-6.5	21-7-58	79	—
25	3,5	4	3	4	4	5	20-8-57	63	—
26	4-5	4,5-5	4-4,5	3.5-4	5	5,5-6	20-6-57	66	4
26	4-4,5	4-4,5	4,5-5	4.5	6	5	9-7-57	66	5-7
26	3,5-6,5	3,5-4	5,5-6,5	4-5,5	4-6	5-6,5	11-8-58	60	20
27	8	5	5,5	6,5-7	5,5	10,5-11	10-6-57	67	2-13
28	2,5-4	2,5-3	6-6,5	3-5,5	3-5	4-5,5	21-8-58	57	11
29,5	2,5	3-4	4	2,5-4	2.5	6	10-8-57	64	9

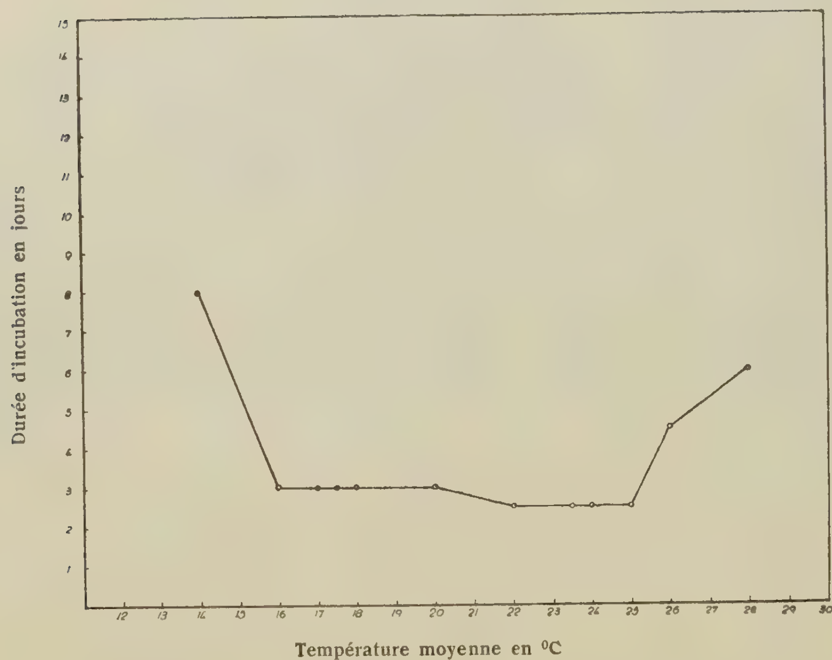


Fig. 3. Courbe de la durée d'incubation du Mildiou de la vigne dans la région de Vello.

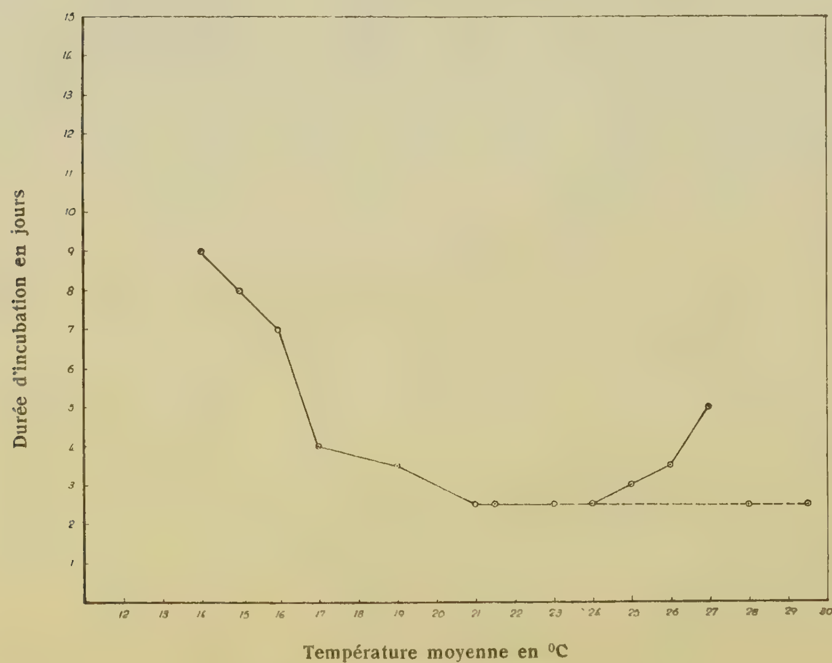


Fig. 4. Courbe de la durée d'incubation du Mildiou de la vigne dans la région de Patras.

A partir de ce degré elle commence à s'élever pour atteindre les 6 jours à 28 °C.

TABLEAU XII

Durées d'incubation obtenues dans les régions de Vello et de Patras pendant les mois d'automne en fonction de la température et de l'humidité relative.

Température moyenne en °C	Durée d'incubation en jours						Date d'inoculation	Humidité relative moyenne %	Temps écoulé entre l'extériorisation des taches d'huile et l'apparition des conidiophores
	Rhoditis	Rhazaki	Phraoula	Sidéritis	Sultanina	Vigne de Corinthe			
	Région de Vello								
23	—	4	4	4	4	—	1- 9-57	65	2
23	—	5,5	4	4,5	4	6	10- 9-57	65	14
22	—	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	20- 9-57	65	1
21	—	4-5	4,5-5	3,5-4,5	—	5,5	23- 9-58	73	—
19	—	4,5-9	4,5-9	4,5-9	4,5-9	4,5-9	11- 9-58	62	1
18	—	7	7	7	7	7	10-10-57	57	—
18	—	8	8	8	8	8	21-10-57	85	1
	Région de Patras								
24	4-6	5	5-6	5,5-8	5-7	—	11- 9-57	70	1
23	4	7,5	7	4,5	8	12	20- 9-57	68	3-4
23	3,5	7	7	4,5	7	10	30- 9-57	72	6
22	5-6,5	3,5-5	5-6,5	3,5-4,5	4,5-6	—	21- 9-58	73	4
19	8,5-9	11	9-9,5	7-9,5	10	8-11	21-10-57	77	1
18	8,5-9	9	8,5-9	6-6,5	8,5-9	10	10-10-57	62	4

Nous pouvons observer un phénomène analogue en examinant la courbe de la figure 4, qui représente les plus courtes durées d'incubation enregistrées dans la région de Patras. Ici, à une température de 14 °C, la durée d'incubation est de 9 jours. A 17 °C elle tombe à 4 jours et continue de tomber régulièrement, pour atteindre le minimum de 2,5 jours, lorsque la température atteint 21 °C. Elle se conserve

ainsi jusqu'à 24 °C. A partir de ce degré, la durée d'incubation s'accroît jusqu'à atteindre 5 jours à 27 °C.

Dans l'une région comme dans l'autre, on constate qu'entre la température de 16-17 °C et celle de 25 °C, à savoir sur une échelle de 8 à 9 degrés de température, la durée d'incubation ne présente que des différences minimes, oscillant entre 2,5-3 et 2,5-4 jours.

Les observations qui précèdent concernent les durées d'incubation obtenues au printemps et en été. Les durées obtenues en automne figurent au tableau XII. On y voit qu'à températures égales elles sont plus longues que celles du printemps. Cela dénote qu'en dehors de la température, certains autres facteurs influencent aussi la durée d'incubation. Nous les examinerons plus bas dans ce chapitre.

D'après les données présentées aux tableaux X, XI et XII, le temps qui s'écoule depuis l'apparition de la tache d'huile jusqu'à l'apparition des conidiophores varie irrégulièrement de 1 à 30 jours pour la région de Vello et de 1 à 20 jours pour la région de Patras. Cela prouve que, dans les deux régions examinées, la détermination de la durée d'incubation d'après l'apparition des conidiophores n'est d'aucun intérêt pratique et n'apporte d'ailleurs aucune contribution à l'étude de l'influence des divers facteurs sur le phénomène de l'incubation.

En nous basant sur les moyennes de température d'une période de douze ans (Tableaux XXXIII et XXXVIII. Chap. V), nous pouvons calculer quelles seront les plus courtes durées d'incubation probables pour les deux régions examinées pendant les différents mois de l'année. Les durées d'incubation ainsi calculées (Tableau XIII) concernent toutes les variétés qui ont fait l'objet de l'expérience, sauf la Vigne de Corinthe où la durée d'incubation doit être prolongée de 1-2 jours par rapport aux autres variétés. Ces durées correspondent à la 4e feuille du sarment.

Les temps de l'apparition des conidiophores figurent sur une autre colonne du tableau XIII. Nous les avons établis en ajoutant deux jours au temps que nécessite l'apparition de la tache d'huile, ce délai de deux jours étant considéré comme le minimum indispensable pour la fructification, sauf de rares exceptions, sous des conditions hygrométriques favorables. Le tableau permet ainsi de prévoir la durée d'incubation dans les cas où toutes les conditions favorisent l'évolution rapide du parasite.

Le tableau XIII permet, en outre, de constater que les deux régions examinées se trouvent approximativement sous les mêmes conditions de température moyenne durant les mêmes mois de l'année

TABLEAU XIII
Durées d'incubation probables en fonction de la température moyenne, dans les régions de Vello et de Patras.

Périodes de temps		Région de Vello			Région de Patras		
		Température moyenne en °C	Apparition des taches d'huile	Apparition des conidiophores	Température moyenne en °C	Apparition des taches d'huile	Apparition des conidiophores
Avril	1-10	14	8	10	14	9	11
»	11-20	14,5	8	10	15	8	10
»	21-30	17	3	5	17	7	9
Mai	1-10	18	3	5	18	4	6
»	11-20	19	3	5	19	3,5	5,5
»	21-31	22	2,5	4,5	21	2,5	4,5
Juin	1-10	23	2,5	4,5	23	2,5	4,5
»	11-20	25	2,5	4,5	24	2,5	4,5
»	21-30	25	2,5	4,5	25	3	5
Juillet	1-10	26	4,5	6,5	26	3,5	5,5
»	11-20	26	4,5	6,5	26	3,5	5,5
»	21-31	27	5	7	27	5	7
Août	1-10	28	6	8	27	5	7
»	11-20	27	5	7	27	5	7

et que la durée d'incubation y est à peu près la même. Cela nous permet d'avancer l'hypothèse que dans toutes les régions viticoles de la côte septentrionale du Péloponnèse, jusqu'en Élide peut-être, la durée d'incubation ne doit présenter en pratique que des différences insignifiantes.

II. FACTEURS INFLUENÇANT LA DURÉE D'INCUBATION

Nos expériences ont montré que la durée d'incubation subit l'influence d'un certain nombre de facteurs, que nous examinerons en détail ci-après:

a. Température

L'action de la température sur la durée d'incubation ressort clairement des graphiques 3 et 4. On y peut voir que cette durée, longue

à des températures basses, s'abrège à mesure que la température s'élève et atteint son minimum entre 21 et 25° C. Au-delà de 25 ou 26° C la durée d'iucubation se remet à augmenter. Il s'ensuit que les basses températures exercent, semble-t-il, une influence défavorable sur le progrès du mycelium dans les tissus de la feuille. Il convient pourtant de remarquer qu'au-delà de la limite du 16 ou 17 °C, l'élévation de la température ne provoque plus une diminution analogue de la durée d'incubation. A partir de cette limite jusqu'à 24 ou 25° C, en ce qui concerne la région de Vello, les durées d'incubation restent les mêmes pour toutes les températures intermédiaires ou présentent une demi journée de différence; en ce qui concerne la région de Patras, les durées d'incubation restent les mêmes entre 21 et 24° C, tandis qu'elles présentent une différence allant d'un demi jour à un jour et demi entre 19 et 26 °C. On en peut donc conclure qu'un minimum de température étant assuré, l'avance du mycelium dans la feuille n'est guère ou très peu influencée par la température.

La partie horizontale de la courbe de la durée d'incubation entre 16 et 25° C, pour la région de Vello, et la partie presque rectiligne entre 19 et 26 °C, de la courbe correspondante de la région de Patras, confirment jusqu'à un certain point les courbes rectilignes obtenues par Ravaz et Schad (1936) pour les régions de Montpellier et de Clermont Ferrand. Nous reviendrons sur ce point plus bas.

Il semble que, en dehors de basses températures, les températures supérieures à 24 ou 25° C exercent aussi une action défavorable sur le progrès du mycelium et, par conséquent, sur l'accroissement de la durée d'incubation. N'ayant pas la possibilité de cultiver le champignon sur des milieux artificiels, nous ne pouvons nous faire une image précise de l'influence exercée par la température sur le développement du mycelium. Il se peut donc que nous nous écartons de la vérité lorsque nous avançons que les températures supérieures à 25 °C exercent une action inhibitrice sur le développement du champignon dans les tissus de la feuille. En effet, à des températures supérieures à 25 °C, qui sont normalement combinées avec une humidité relative plus basse, il entre en jeu encore un autre facteur: celui de la maturation des feuilles. Il est donc possible que la lenteur du développement du mycelium dans les feuilles, observée à des hautes températures aussi bien sur nos courbes que sur celles d'autres chercheurs, s'offre à une autre interprétation. Nous y reviendrons plus bas, quand nous examinerons le facteur de la vitesse de maturation des feuilles.

b. Age de la feuille.

En effectuant les expériences des inoculations artificielles nous avons observé que la durée d'incubation est influencée par l'âge de la feuille. On voit déjà aux tableaux X et XI que cette durée présente, entre la 4e feuille et la 6e, une différence d'un demi jour jusqu'à deux jours.

TABLEAU XIV

Durée d'incubation sur des feuilles d'âge différent.

N° de feuille en commençant par le sommet du sarment	Rhoditis	Rhazaki	Rhazaki	Phraoula	Phraoula	Sidéritis
	Durée d'incubation en jours					
	à 26° C	à 26° C	à 22° C	à 24° C	à 17° C	à 24° C
4e	3	3,5	3	2,5	4	2,5
5e	3	4	3	3,5	4	2,5
6e	3,5	4	4	4	5	3,5
7e	3,5	4	4	4,5	5	3,5
8e	3,5	4,5	4	4,5	5	4,5
9e	3,5	4,5	4	5	6	4,5
10e	4	4,5	8	5,5	7	5,5
11e	4,5	5	8	5,5	—	—
12e	4,5	5	8	—	—	—
13e	5	5	—	—	—	—
14e	—	5	—	—	—	—

Pour mieux établir cette influence nous avons procédé, à plusieurs reprises, à des inoculations artificielles de toutes les feuilles d'un seul et même sarment ou d'une partie d'entre elles, sur plusieurs variétés de vigne et à différentes saisons, à partir de la première feuille susceptible de contamination qui, comme il a été dit, était ordinairement la 4e ou la 5e. Les résultats de ces expériences sont donnés dans le tableau XIV. Il en résulte que la durée d'incubation, qui est plus courte pour les feuilles nouvelles, augmente à mesure qu'on descend vers la base du sarment, la différence entre les feuilles nouvelles et les feuilles plus âgées pouvant atteindre de 1,5 à 5 jours, selon les cas.

Ce retard devrait être attribué à la difficulté que rencontre le

mycelium à se développer et à se répandre à travers les tissus des feuilles mûres, où les membranes cellulaires deviennent plus dures.

c. Vitesse de maturation de la feuille.

Il a été constaté plus haut que, sous les mêmes conditions de température, la durée d'incubation augmente parallèlement à l'âge de la feuille. Mais il semble, en outre, que la durée d'incubation est également influencée par le rythme de différenciation des feuilles.

La vitesse de maturation des feuilles n'est pas la même durant toute la période de germination. Elle est petite pendant les mois de printemps et s'accroît à mesure que la saison avance, de sorte qu'elle atteint son maximum en été. Alors qu'en avril et en mai les feuilles restent tendres pendant un certain nombre de jours, les feuilles poussées en juillet et en août durcissent par contre très rapidement. A cette époque de l'été une feuille peut apparaître un jour tendre et succulente pour devenir rude dès le lendemain ou le surlendemain; la différence est facilement perceptible, même au toucher.

D'après les constatations de Gregory (1956), qui a étudié l'influence exercée par la température sur le développemet des feuilles du *Cucumis sativus*, on connaît que le développement des feuilles en surface est plus grand à la température optimum. Pourtant la vitesse de développement à des températures excédant l'optimum est au début supérieure à celle observée à l'optimum pour tomber rapidement à zéro. C'est ainsi que la multiplication des cellules s'interrompt plus tôt et celles déjà formées arrivent plus vite à maturation.

Nous sommes portés à croire que cette rapide différenciation des feuilles, c'est-à-dire le passage rapide d'une feuille tendre et succulente à l'état de maturité, influence la durée de l'incubation en la prolongeant.

Certes, nous ne possédons pas des données permettant de déterminer avec précision la température la plus favorable au développement des feuilles de la vigne, mais si nous pouvons considérer cette température comme identique à celle de la croissance des sarments (Chap. IV), nous constaterons que dans les deux régions considérées la vitesse maximum de la croissance des sarments est observée à 23-25 °C, ce qui montre que cette température est la plus favorable à leur développement.

Par conséquent, à mesure que la température s'élève au-dessus de 23° C, il faut s'attendre à ce que la maturation des feuilles soit,

elle aussi, plus rapide. D'ailleurs, aussi bien dans la région de Vello que dans celle de Patras, l'arrêt de la végétation ne commence qu'aux environs de 24° C.

Au-delà de cette limite approximative, la courbe de la durée d'incubation commence à monter. Dès lors on peut se demander: la haute température influence-t-elle directement le mycélium en retardant son développement et, par là, en prolongeant la durée d'incubation, ou bien influence-t-elle la vitesse de la maturation des tissus, qui agit sur cette prolongation?

Gaümann (1950), en examinant l'action de la température du milieu sur l'expansion des parasites dans la feuille, considère que la température pourrait influencer la résistance de l'hôte en provoquant la différenciation des membranes cellulaires.

On ne saurait se prononcer sur ce point d'une manière catégorique, car il est difficile de produire des preuves expérimentales dans l'un sens ou dans l'autre; mais, comme il est établi que la température agit simultanément tant sur l'hôte que sur l'agent pathogène, nous penchons pour la deuxième proposition. Voici les raisons qui nous conduisent à cette opinion :

On a vu un peu plus haut que les feuilles, quand elles sont plus âgées et par conséquent plus mûres déterminent sous les mêmes conditions de température une durée d'incubation plus longue que les feuilles jeunes. En conséquence, si pour certaines causes physiologiques et climatiques la feuille se différencie rapidement, il est normal que les tissus s'envahissent plus difficilement par le mycélium. D'autre part, il nous est arrivé, dans la région de Patras, durant le mois d'août et à des températures moyennes de 28 et de 29° C, de constater une durée d'incubation de deux jours et demi sur des feuilles succulentes, ce qui montre qu'une température si élevée n'a point interrompu le développement du mycélium. En tenant compte de ces données on peut conclure que, dans des conditions normales, la partie horizontale de la courbe de la durée d'incubation (Fig. 4) pourrait se prolonger jusqu'à 30° C, environ, température ayant été considérée, comme nettement défavorable pour le développement du mycélium.

d. Variétés de vigne.

Les tableaux X, XI et XII révèlent qu'outre les facteurs précités, la variété de la vigne agit, elle aussi, sur la durée d'incubation.

Parmi les six variétés qui ont fait l'objet de nos expériences, la Vigne de Corinthe se distingue nettement des autres par une durée d'incubation sensiblement plus longue. Les autres variétés ne présentèrent pas de différences appréciables et celles qui pourraient être observées doivent être attribuées à la différence des feuilles choisies pour l'inoculation, plutôt qu'à la variété de la vigne. S'il nous fallait pourtant ranger les variétés de point de vue longueur de la durée d'incubation, nous indiquerions que la plus courte durée revient aux variétés Rhoditis et Phraoula, suivies par le Rhazaki, le Sidéritis et la Sultanina.

e. Humidité relative.

Étant donné que l'humidité relative de l'atmosphère constitue un des principaux facteurs de l'apparition des conidiophores, il est évident qu'elle joue un rôle essentiel dans la durée d'incubation, lorsqu'on entend par cette durée la période comprise entre l'entrée du parasite dans la feuille et l'apparition des conidiophores.

Dans le cas qui nous intéresse, la durée d'incubation s'achevant avec l'apparition de la tâche d'huile, nous croyons que l'humidité relative n'y exerce aucune influence, tout au moins appréciable.

Si l'on examine en détail les durées d'incubation obtenues à des températures égales (Tableaux X et XI), on observera que l'humidité relative ne semble pas les influencer. Théoriquement, à des températures égales, la durée d'incubation devrait diminuer à mesure que l'humidité relative augmente. Mais, dans la plupart des cas, cela n'arrive pas et la durée d'incubation augmente ou diminue sous l'influence d'autres facteurs. On voit, notamment, dans les cinq cas du tableau X, qu' à la température moyenne de 24° C, à une humidité relative de 54, 58, 53, 54 et 63%, la durée d'incubation a été respectivement de 6, 6, 2,5, 2,5 et 5 jours, pour la variété Rhazaki. De même, dans les quatre cas du tableau XI, à la température moyenne également de 24° C, à une humidité relative de 67, 72, 63 et 79%, la durée d'incubation a été de 2,5 jours pour les deux premiers cas et de 3,5 pour les deux autres, concernant la variété Rhoditis, et de 2,5 jours pour tous les cas concernant la variété Rhazaki.

Nous pouvons trouver des cas analogues en examinant les autres températures des tableaux X et XI.

Savulescu et collaborateurs (1957) tirent les mêmes conclusions en ce qui concerne les basses températures, et limitent l'influ-

ence de l'humidité relative uniquement aux cas des températures élevées. Toutefois, dans ces derniers cas, il est possible que l'humidité relative influence indirectement la durée d'incubation en agissant sur l'hôte.

III. ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE NOS COURBES DE LA DURÉE D'INCUBATION ET LES COURBES SIMILAIRES OBTENUES DANS D'AUTRES PAYS

Si l'on examine les durées d'incubation obtenues par les différents chercheurs dans les pays viticoles de l'Europe, on se trouvera devant une diversité de données reflétant les nombreux facteurs qui déterminent la complexite du phénomène.

Parmi les différences qui caractérisent les données obtenues, celle due à la relation entre la durée d'incubation et la température, a amené les chercheurs à soutenir deux thèses nettement opposées.

La première, soutenue notamment par Ravaz (1919) et Branas (1934), ainsi que par Milissavlyevitch (1951), admet une durée d'incubation constante, indépendante de la saison et, par conséquent, aucunement ou fort peu influencée par la température.

La seconde thèse soutient qu'il existe une corrélation extrêmement étroite entre la durée d' incubation et les facteurs de température et d'humidité relative, et s'établie sur les longues recherches de Müller et Sleumer (1934). Cette corrélation s'exprime par une courbe qui a permis de rédiger le « calendrier d'incubation » qui a servi dans la pratique pour faire les prévisions des invasions du Mildiou. En adaptant les données de Müller et Sleumer aux conditions de température d'autres pays, plusieurs chercheurs ont été amenés à tracer des courbes analogues.

Bien que l'opposition des deux thèses ait été vivement mise en relief par les discussions qu'elle a suscitées, nous estimons qu'un nouvel examen des données expérimentales existantes, en corrélation avec nos propres observations, démontre que cette opposition est plutôt apparente, et qu'en rapprochant les différentes données on pourrait fournir une interprétation admissible au rapport entre la durée d'incubation et la température.

Ravaz et Gege (1919), après avoir étudié pendant plusieurs années la durée d'incubation dans la région de Montpellier, ont déterminé que cette durée est de 9 jours pour les infections primaires et de 7

jours pour les infections secondaires. Ces données rendent fort plausible l'hypothèse que la durée d'incubation, du moins jusqu'à un certain point, est fonction de la température. Il est naturel que l'infection primaire, qui d'ordinaire a lieu de bonne heure au printemps, coïncide avec une époque où les températures sont plus basses que celles de l'époque à laquelle surviennent les infections secondaires. On a supporté que la différence entre la durée d'incubation de l'infection primaire et celle des infections secondaires, est due au fait qu'il s'agit de contaminations provoquées par deux organes reproducteurs appartenant à deux phases distinctes du cycle biologique du parasite (Branas 1953). Cette vue n'est pas absolument convaincante, puisqu'aucun travail expérimental n'a prouvé jusqu'à présent que les zoospores provenant de macroconidies constituent des entités pathologiques différentes de celles qui proviennent des conidies ordinaires du printemps. D'autre part, les expériences que nous avons faites à cette fin ont montré qu'il n'y a point de différence de durée d'incubation dans le cas des inoculations artificielles provoquées simultanement par des macroconidies et par des conidies. On peut voir dans le tableau XV les résultats obtenus à la suite des inoculations simultanées de feuilles par des macroconidies et par des conidies d'après lesquels les taches apparaissent en même temps dans tous les cas sauf un, où l'écart nous parait dû à la différence d'âge des feuilles contaminées.

TABLEAU XV

Durée d'incubation obtenue dans le cas des inoculations simultanées par des macroconidies et par des conidies.

Inoculation avec	Date de l'inoculation	Date de l'apparition des taches	Durée d'incubation en jours
Macroconidies	26 avril	5 mai	9
»	26 »	5 »	9
Conidies	26 »	4 »	8
»	26 »	5 »	9
Macroconidies	4 mai	12 »	8
Conidies	4 »	12 »	8

Nous pouvons conclure de ce qui précède que même la courbe étonamment horizontale de la durée d'incubation tracée par Ravaz

(Fig. 5, 1) n'est pas telle, du moins dans sa partie gauche, mais qu'elle s'élève jusqu'à 9 jours, d'après la représentation arbitraire que nous en avons donnée dans la figure 5.

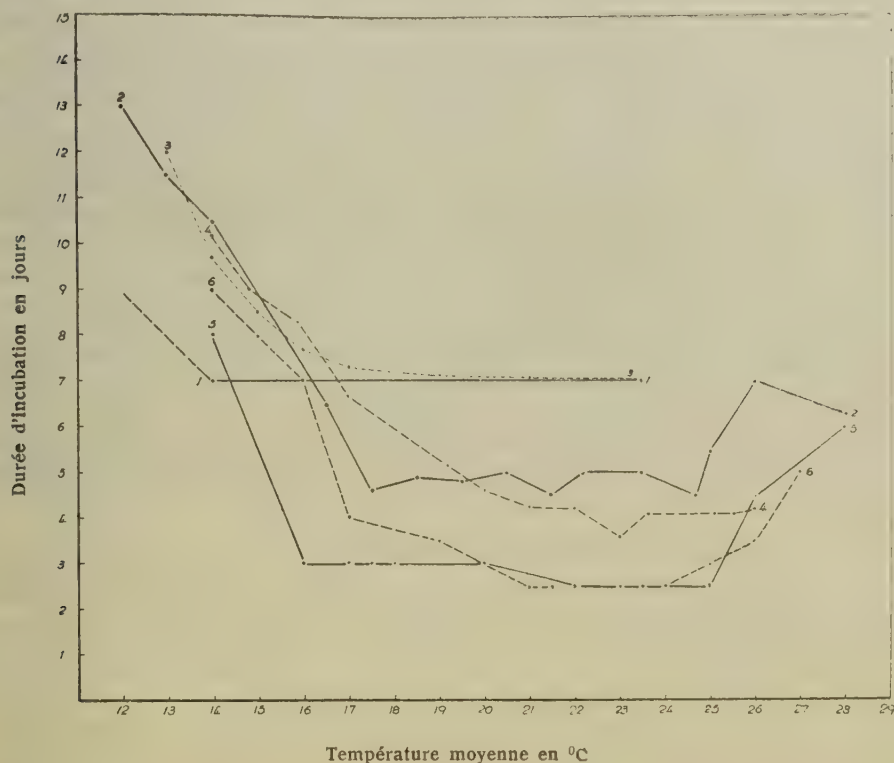


Fig. 5. Courbes de la durée d'incubation obtenues chez les différents pays. 1. Ravaz pour Montpellier (d'après Schad 1936). 2. Données de Müller et Sleumer (1934). 3. Baldacci (1950) pour Maccarese. 4. Casarini (1957) pour Emilia. 5. Nos données pour la région de Vello. 6. Nos données pour la région de Patras.

En étudiant, parallèlement, les données de Müller et Sleuner (1934), nous avons d'abord la courbe obtenue en 1923 par Müller et Rabanus (l. c., p. 530 fig. 11), qui indique les durées d'incubation pour les températures comprises entre 13,5 et 29° C et sous des conditions d'atmosphère saturée. Ayant renouvelé ces mêmes expériences en 1932 et en 1933, Müller et Sleuner ont obtenu, sous des conditions de température et d'humidité variables, c'est-à-dire sous des conditions naturelles, une autre série de données, qui sont exposées à la p. 533 de leur étude (1934). Si nous construisons la courbe de la durée d'incubation d'après ces données, nous obtenons la courbe 2 de la figure 5.

Celle-ci est formée de trois parties nettement distinctes, dont l'une, à gauche, est descendante, l'autre, au milieu, est horizontale, et la troisième monte à droite. A partir de 12 jusqu'à 17,5° C la courbe de la durée d'incubation tombe brusquement de 13 à 4,5 jours. Cette chute soudaine révèle que la durée d'incubation a baissé de 8,5 jours. Mais la courbe reste presque rectiligne entre 17,5 et 24,7° C, la durée d'incubation oscillant de 4,5 à 5 jours. Cette partie horizontale, qui couvre environ 7° C, n'est pas en contradiction avec la courbe rectiligne obtenue par Ravaz et Gege (1919), ni avec celle que Schad (1936) donne pour la région de Clermont Ferrand, où la durée d'incubation pour les infections primaires atteint 9-10 jours, alors qu'elle est de 6-9 pour les infections secondaires.

Baldacci (1950) a aussi obtenu une courbe similaire pour la région de Maccarese, à proximité de Rome. Cette courbe (Fig. 5, 3) présente à son extrémité gauche une partie descendante jusqu'à 17° C. A partir de ce degré elle devient horizontale et marque invariablement une durée d'incubation de 7 jours pour toutes les températures subséquentes.

En s'appuyant sur des données fournies par des inoculations artificielles et naturelles, Casarini (1957) a établi, également en Italie, dans la région d'Emilia, deux courbes correspondant d'une part à un état hygrométrique élevé et d'autre part à une faible humidité relative. Si, des durées d'incubations correspondantes à un état hygrométrique élevé (l.c., p. 211, fig. 3), nous en retenons les plus courtes durées d'incubation, nous construisons la courbe 4 (Fig. 5). Sur cette courbe aussi, on observe une partie horizontale comprise entre 20 et 26° C, le long de laquelle la durée d'incubation correspond à 4-4,5 jours environ.

A partir d'une certaine limite de température, les courbes que nous avons obtenues pour la région de Vello et de Patras offrent aussi une remarquable section horizontale. Celle de la région de Vello (Fig. 5, 5) s'aligne dans le sens horizontal à partir de la limite de 16° C jusqu'à 25° C, et marque une durée d'incubation variant de 2,5 à 3 jours. Celle de la région de Patras (Fig. 5, 6) présente à partir de 20° C jusqu'à 25° C, une durée d'incubation variant entre 2,5 et 3 jours. Rappelons ici que, par durée d'incubation, nous entendons la période écoulée entre la contamination et l'apparition des taches d'huile.

Enfin, d'après Millissavlyevitch (1951), la durée d'incubation est normalement de 5 jours pour une grande partie de l'échelle thermométrique dans la région de Vojvodina en Yougoslavie et s'accroît

jusqu'à 6-7 jours, d'une part au mois de mai quand la température est encore basse et, d'autre part en juillet sous l'influence de hautes températures. Cela indique que les données enregistrées par ce chercheur peuvent servir pour construire une courbe du type précédemment décrit.

Il ressort de l'examen comparatif ci-dessus entre les courbes des durées d'incubation obtenues dans de différents pays, que cette courbe n'est fonction de la température que jusqu'à une limite déterminée. Cette limite, d'après les données existantes, se place entre 16 et 20° C. Au-delà de ce degré, jusqu'à 25° C environ, la durée d'incubation cesse d'être influencé par la température. A partir de 25° C les courbes de la figure 5 commencent à monter et la durée d'incubation à s'allonger. Il semble de prime abord qu'ici la température intervient de nouveau pour inhiber le développement du champignon dans la feuille. Nous avons eu l'occasion, en étudiant dans la section précédente l'action des différents facteurs sur la durée d'incubation, de nous demander si l'influence des hautes températures sur le parasite est directe ou si elle s'exerce indirectement, en accélérant la maturation de la feuille. Pour les motifs déjà exposés nous avons penché pour l'influence indirecte.

En ce qui concerne l'humidité relative, nos expériences nous ont amenés à croire qu'elle n'influence pas la durée d'incubation, si ce n'est peut-être qu' indirectement, à la partie ascendante des courbes, où elle contribue, combinée avec une haute température, à l'arrêt de la végétation et, par conséquent, à une maturation plus rapide des feuilles.

Les différences observées, selon les pays, entre les durées d'incubation correspondant à une même température, doivent être, à notre avis, vraisemblablement attribuées aux variétés de vigne utilisées pour les expériences. D'ailleurs, la partie horizontale de toutes les courbes examinées ci-dessus, sauf les 1 et 3, se place entre 4 et 5 jours. Nos courbes 5 et 6, indiquant 3 et 2,5 jours dans leur partie horizontale, peuvent être comprises dans ces limites si nous prenons pour terme de la durée d'incubation l'apparition, non pas de taches d'huile, mais de conidiophores, apparition que nous estimons postérieure de deux jours environ à celle des taches d'huile sous des conditions d'humidité favorables. D'après ce dernier mode de calcul, sur les sept variétés utilisées dans nos expériences, la durée d'incubation pour la Vigne de Corinthe a été sur la partie horizontale de 7 jours environ, comme sur les courbes 1 et 3 de Ravaz et de Baldacci.

Certains chercheurs (Shatsky 1935, Merjanian et Lipetzkaya 1936,

Schad 1943) ont essayé d'évaluer la durée d'incubation d'après la formule mathématique :

$$X = \frac{\Theta\varepsilon}{\Theta\mu - \Theta o}, \text{ où}$$

X représente la durée d'incubation,

$\Theta\varepsilon$, la somme des températures actives nécessaires pour l'apparition des taches. Cette somme qui est constante et égale 61 °C a été évaluée d'après les résultats des expériences de Müller et Sleuner (1934),

$\Theta\mu$, la température moyenne du jour,

Θo, le point zéro du développement du mycélium dans la feuille, point situé entre 7 et 8° C.

Après remplacement des signes par les valeurs cette formule s'exprime comme ceci :

$$X = \frac{61}{\Theta\mu - 8}$$

La formule a dû subir un certain nombre de légères modifications, afin de couvrir les écarts qui se présentent lors de fortes chutes de températures (Shatsky 1935) et d'humidité relative (Schad 1943).

L'expression mathématique de la durée d'incubation ainsi proposée n'a pas pu confirmer nos données, du moins pour ce qui concerne une partie importante de nos courbes. Conformément à la formule, à une température moyenne de 16° C la durée d'incubation aurait dû atteindre 7,6 jours, à une température moyenne de 25° C 3,6 jours, et à 28° C 3 jours. Or, la courbe (Fig. 3) indique qu' aux températures précitées, les durées d'incubation s'élèvent respectivement à 3, 2.5 et 6 jours. En d'autres termes, sur les trois durées d'incubation calculées d'après la formule, c'est seulement la deuxième, à 25° C, qui se rapproche de la durée observée. Dans le cas des deux autres températures on constate un écart considérable entre ce qui a été calculée d'après la formule et ce qui a été observé. La somme des températures actives ($\Theta\varepsilon$) pour les durées d'incubation observées s'élève respectivement à 24, 42,5 et 120° C, et, contrairement à la formule, ne constitue pas une valeur constante.

Les expériences de Savulescu et collaborateurs (1957) aboutissent à des résultats de même ordre. D'après ceux-ci la somme des températures actives oscillait entre 50 et 96° C, les taux extrêmes étant de 22 et de 184° C.

Si cette formule a échoué dans l'évaluation de la durée d'incubation c'est, croyons-nous, d'une part parce qu'elle repose uniquement

sur le facteur température dont l'influence sur l'évolution du phénomène n'est pas uniforme, comme cela a été prouvé, et d'autre part parce qu'elle ne tient pas compte des réactions de l'hôte, lesquelles varient selon la saison.

Notons encore que l'élimination des facteurs tels que l'âge de la feuille et la variété de la vigne, rend la formule précitée encore plus insuffisante pour déterminer la durée d'incubation.

CHAPITRE III

FACULTÉ GERMINATIVE DES CONIDIES

Les conidies du Mildiou, responsables des contaminations secondaires et du développement des épidémies du parasite, doivent être douées d'une grande vitalité qui leur permette de germer rapidement : autrement dans les conditions climatiques de la plupart des régions du pays, où l'eau de la pluie au printemps ne reste que très peu de temps sur les feuilles, la contamination ne serait pas assurée.

Ravaz (1914), qui a étudié les conditions de température et d'humidité qui influencent la faculté germinative des conidies, a constaté qu'en principe les températures basses ne leur sont pas nuisibles. Ayant soumis des conidies pendant quinze heures à la température de $-12°$ C, il a observé qu'elles conservaient la même faculté germinative que celles qui n'avaient pas été soumises à ce traitement. D'autre part, Istwánffi et Pálinkás (1913), ont constaté que des conidies soumises à une température de 6-10° C, pendant trois semaines, et de 0° C pendant deux mois, ont conservé leur pouvoir germinatif, mais leur germination ne survenait qu'après un intervalle de 24 à 48 heures. Par contre, l'influence de hautes températures et de basse humidité relative entraîne, d'après les observations de Ravaz (1914), la perte du pouvoir germinatif des conidies. Si l'humidité de l'atmosphère est élevée, les conidies conservent leur pouvoir germinatif pendant un certain temps, en tous cas pas au-delà de cinq jours.

Nous avons estimé opportun d'étudier en détail le pouvoir germinatif des conidies sous les conditions climatiques et notamment sous l'influence de la grande insolation de notre pays. Nos expériences ont eu spécialement pour objet d'une part l'influence du soleil et, d'autre part, l'influence de la température et de l'humidité.

MÉTHODES ET MATÉRIEL

La veille de l'expérience un certain nombre de feuilles de vigne portant des taches d'huile étaient enfermées dans des sachets en matière plastique humectés intérieurement pour maintenir l'humidité indispensable ou bien elles étaient détachées et placées dans une

chambre humide, jusqu'à 8 heure du lendemain au moment où l'expérience commençait. A ce moment-là, les conidies étaient âgées de 5-7 heures environ et leur pouvoir germinatif était excellent, dans l'atmosphère saturée de la chambre humide.

Les conidies étaient prélevées au moyen d'une aiguille et placées sur des lames à concavité. Après avoir laissé agir pendant un certain temps les conditions spéciales de l'expérience on remplissait d'eau la concavité et, on plaçait les lames à la température de 22-23° C. L'examen du pouvoir germinatif des conidies était fait deux heures après et vingt-quatre heures après.

Pour que l'eau de la concavité ne s'évapore pas on mettait les lames dans une chambre humide.

I. INFLUENCE DU SOLEIL SUR LES CONIDIES

L'influence du soleil sur les conidies a été étudiée au cours de trois expériences, dont les résultats figurent au tableau XVI.

Les données de ce tableau font ressortir que les conidies exposées au soleil perdent leur faculté germinative en très peu de temps. Déjà, après 15 minutes d'exposition au soleil, la plupart des conidies n'ont plus la possibilité de germer dans les deux heures. Après une exposition de deux heures on peut observer un nombre insignifiant des zoospores; après une exposition de trois heures toutes les conidies perdent la faculté de germer rapidement. Ces données proviennent de l'expérience du 28 mai, durant laquelle l'état hygrométrique de l'atmosphère était un peu plus élevé que celui des deux autres expériences. De l'expérience du 30 mai, où la température était presque la même que celle du 28, et de l'expérience du 4 juin, où la température était beaucoup plus élevée que celle des deux premières, il en ressort que les conidies perdent entièrement leur pouvoir de rapide germination après une exposition durant une heure.

Il semble que les conidies ainsi soumises à l'action du soleil pendant une heure ne sont pas entièrement détruites, puisqu'après avoir séjourné pendant 24 heures dans l'eau elles se rétablissent et montrent un grand pouvoir germinatif. En revanche, l'exposition au soleil au-delà d'une heure détruit le pouvoir germinatif de la presque totalité des conidies, en sorte qu'elles ne peuvent plus se rétablir.

Le mode d'action du soleil sur les conidies n'a pas fait l'objet de recherches particulières; on suppose, cependant, que le soleil agit sur celles-ci par la température qui provoque leur déshydratation gra-

duelle. Jusqu'à un certain degré de déshydratation, le retour à l'état normal est possible par réabsorption de l'eau perdue, mais, passé cette limite, la perte d'eau entraîne une désorganisation complète des fonctions physiologiques des conidies et leur destruction totale.

TABLEAU XVI

Influence du soleil sur la faculté germinative des conidies du Mildiou de la vigne.

Durée d'exposition au soleil	Observation après la mise en germination		Température en °C	Humidité relative %
	Après 2 heures	Après 24 heures		
Expérience du 28 mai. Exposition au soleil à 9 h.				
15' minutes	Germination minime	Germ. abondante	22	75
30' »	» »	» »	22	75
1 heures	» »	» »	24	66
2 »	» insignifiante	» minime	25	60
3 »	» nulle	» »	27	55
Expérience du 30 mai. Exposition au soleil à 9 h. 30'				
15' minutes	Germination minime	Germ. abondante	22	70
30' »	» »	» »	22	70
1 heures	» nulle	» »	25	60
2 »	» »	» minime	27	48
Expérience du 4 juin. Exposition au soleil à 9 h. 30'				
15' minutes	Germination minime	Germ. abondante	28	48
30' »	» »	» »	28	48
1 heures	» nulle	» »	29	40
2 »	» »	» médiocre	31	40
3 »	» »	» »	31	35
4 »	» »	» minime	31	35

Il ressort des expériences précitées que l'exposition des conidies au soleil pendant 15 minutes suffit pour empêcher la plupart d'entre elles de germer dans les deux heures. Si l'exposition au soleil se prolonge au-delà d'une heure, elle entraîne pour la presque totalité des

conidies une telle destruction qu'elles ne peuvent plus germer, même après avoir séjourné dans l'eau pendant 24 heures.

II. INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'HUMIDITÉ RELATIVE SUR LES CONIDIES

En dehors des expériences précitées, nous avons essayé ici d'étudier la durée de la vie de conidies placées, non pas sous l'action directe du soleil, mais à l'ombre, et soumises uniquement à l'influence combinée de la température et de l'humidité relative. Ces expériences ont été faites, d'un côté en plein air sous des conditions variables de température et d'humidité relative, et d'un autre côté au laboratoire, où les deux facteurs étaient constants ou ne variaient que très légèrement.

Pour les expériences en plein air, des lames portant des conidies étaient placées dans la cage météorologique. Quelques-unes de ces lames restaient découvertes et les autres se plaçaient sous cloche dans une atmosphère saturée d'humidité. Le premier groupe de lames (A) devait servir à contrôler l'influence exercée sur les conidies par la température à une humidité relative variable, le deuxième groupe (B) au contrôle de l'influence exercée également par la température, mais sous des conditions d'atmosphère saturée, assurées par la chambre humide.

On peut voir au tableau XVII, où sont rassemblés les résultats des deux expériences faites en plein air, que dans l'expérience du 20 mai, les conidies du groupe (A) ont conservé, leur pouvoir de germination rapide pendant quatre jours. Pendant ce laps de temps les températures extrêmes ont été de 15 et de 26° C, et la température moyenne a oscillé entre 17,5 et 22,5° C. D'autre part, la moyenne de l'humidité relative a oscillé entre 63 et 88%, ayant marqué aux deux extrêmes les taux de 43 et de 93% respectivement. Les conidies du groupe (B), placées dans l'atmosphère humide, ont conservé leur faculté germinative pendant six jours. Ces dernières données coïncident absolument avec les constatations de Ravaz (1914). De toute façon, la protection que les conidies trouvent dans une atmosphère saturée est toujours fonction de la température. Cela ressort de l'expérience du 28 mai, au cours de laquelle les conidies des deux groupes (A) et (B) n'ont conservé leur pouvoir germinatif que pendant un seul jour. Ceci doit être attribué à la haute température maximum et moyenne qui a influencé considérablement le pouvoir germinatif des conidies.

TABLEAU XVII

Influence de la température et de l'humidité relative sur la faculté germinative des conidies du Mildiou de la vigne.

Durée des conditions de l'expérience	Observation de la germination				Température en °C			Humidité relative %		
	Après 2 heures		Après 24 heures							
	A	B	A	B	Min.	Max.	Me*	Min.	Max.	Me
Expérience du 20 mai										
3 heures	+	+								
6 »	+	+								
12 »	+	+								
1 jours	+	+			15	21,5	17,5	67	93	88
2 »	+	+			15,5	21	18,7	75	93	88
3 »	+	+			15	26	21	49	93	66
4 »	+	+			16	26	22,5	43	91	63
5 »	—	+	+		16	29,5	23,7	32	91	62
6 »	—	+	+		17,5	30	24	32	86	53
7 »	—	—	+	+	18,5	31	25,7	32	80	50
Expérience du 28 mai										
6 heures	+	+								
1 jours	+	+			18	31	25	36	84	65
2 »	+ε	+ε	+	+	18,5	31,5	26,7	37	84	55
3 »	—	+ε	+	+	20	32	28	42	83	59
4 »	—	+ε	+	+	20,5	33	28,5	38	88	56
5 »	—	+ε	+	+	20	31	25,7	52	84	67
6 »	—	+ε	+ε	+ε	20	31	27	37	88	52
7 »	—	—	+ε	+ε	18,5	32,5	27,5	35	90	57

\+ germination normale

+ε » minime

* Moyenne.

On trouvera dans le tableau XVIII les résultats des deux expériences faites sous les conditions contrôlées du laboratoire.

Dans la première expérience, durant laquelle la température était constante de 23° C, les conidies sous cloche ont conservé leur pouvoir

germinatif pendant huit jours, tandis que les conidies du groupe (A) ne l'ont conservé que pendant un seul jour.

TABLEAU XVIII

Influence de la température et de l'humidité relative sur la faculté germinative des conidies du Mildiou de la vigne.

Durée des conditions de l'expérience	Observation de la germination				Température en °C	Humidité relative %
	Après 2 heures		Après 24 heures			
	A	B	A	B		
1ère Expérience						
1 jours	+	+			23	68
2 »	—	+	+		23	68
3 »	—	+	—		23	68
4 »	—	+	—		23	68
5 »	—	+	—		23	68
6 »	—	+	—		23	68
7 »	—	+	—		23	68
8 »	—	+	—		23	68
9 »	—	+ ε	—		23	68
10 »	—	—	—	—	23	68
2e Expérience						
1 jours	+	+			25	65
2 »	—	+	+		25	65
3 »	—	—	+	+	25	65
4 »	—	—	+	+	25	65
5 »	—	—	+	+	25	65
6 »	—	—	+ ε	+ ε	25	65
7 »	—	—	—	+ ε	25	65

\+ germination normale
\+ ε » minime

Dans la deuxième expérience, réalisée à une température d'étuve constante de 25° C, les conidies du groupe (A) ont conservé leur faculté germinative également pendant un jour, tandis que les conidies du

groupe (B) l'ont conservé pendant deux jours. Le raccourcissement de la vie des conidies est dû à la température plus élevée de cette expérience.

Ces deux expériences confirment les résultats des expériences faites en plein air et montrent que les températures moyennes, quand elles sont supérieures à 23° C entraînent rapidement la perte du pouvoir germinatif des conidies, même sous les conditions d'un état hygrométrique élevé.

CONCLUSIONS

Des expériences exposées ci-dessus, ont peut tirer certaines conclusions d'ordre pratique qui sont les suivantes:

Étant donné que le soleil peut détruire le pouvoir de germination rapide chez un grand nombre de conidies dans l'espace de 15 minutes, on peut admettre que les conidies transportées par le vent sur les feuilles pendant les journées ensoleillées sont privées de vitalité et, par conséquent, ne présentent pas de danger pour les vignes.

Quant aux conidies restées sur les taches, si elles sont placées de manière à recevoir les rayons du soleil, elles doivent être considérées, elles aussi, comme inertes. Certaines feuilles se trouvant à l'ombre peuvent conserver des conidies en bon état de germination pendant 4 jours environ, pourvu que la température moyenne soit inférieure à 22° C et que la température maxima n'excède pas 26° C. Si la température moyenne oscille entre 22 et 25° C, le pouvoir germinatif ne se conserve pas au-delà de un ou deux jours. A de telles températures, lorsque l'état hygrométrique de l'atmosphère est un peu élevé la vie des conidies se prolonge quelque peu, et c'est seulement lorsque l'atmosphère est saturée que les conidies peuvent conserver leur vitalité pendant 6 à 8 jours, à condition que la température moyenne n'excède pas 23° C, faute de quoi, quelle que soit l'humidité relative, les conidies ne pourraient pas conserver leur pouvoir de rapide germination au-delà de deux jours. Mais au printemps, dans les vignes, on ne rencontre pas souvent des conditions d'atmosphère saturée pendant plusieurs jours consécutifs, à moins de pluies continues.

Si, ce qui serait invraisemblable sous le climat des deux régions considérées, il y avait, durant les mois de mai et de juin, des pluies continues pouvant maintenir la feuille de la vigne mouillée pen-

dant 24 heures, les conidies âgées de 5 à 7 jours, conservées à l'ombre et n'ayant pas subi de températures supérieures à 30° C, pourraient peut-être germer et provoquer des contaminations. Mais, nous répétons que ce phénomène serait fort improbable.

Il ressort de l'analyse qui précède que les conidies dangereuses pour la vigne sont surtout les conidies nouvellement produites et trouvant immédiatement des conditions favorables à la contamination.

CHAPITRE IV

VÉGÉTATION DE LA VIGNE

L'opportunité des traitements contre le Mildiou de la vigne ne dépend pas exclusivement de l'existence de conidies du parasite, ni de la probabilité de contamination de l'hôte, mais aussi du fait que la vigne porte ou non un nombre considérable de nouveaux organes, développés postérieurement à la dernière pulvérisation, lesquels sont particulièrement vulnérables et doivent être protégés par les produits anticryptogamiques. D'où le besoin d'étudier la vitesse de croissance des sarments et de l'apparition de feuilles nouvelles.

La vitesse de croissance de la plante ne reste pas invariable pendant toute la durée de la végétation de la vigne; il est donc indispensable de connaître la vitesse de l'accroissement dans toutes les phases du développement, sous les conditions climatiques et écologiques d'une région déterminée.

Mais, outre la croissance des rameaux et l'augmentation du nombre de feuilles, il importe aussi de déterminer dans chaque région viticole la période pendant laquelle la végétation de la vigne passe par les stades considérés comme critiques par rapport aux attaques du parasite.

En général on admet que les feuilles sont susceptibles durant toute la période de leur développement et qu'elles deviennent résistantes lorsque leur croissance est terminée. D'autre part, les grappes peuvent être attaquées dès leur apparition et deviennent particulièrement sensibles à la période de la floraison et de la nouaison. Il s'ensuit donc que les périodes considérées comme essentiellement critiques sont d'une part la période comprise entre l'apparition des grappes et la floraison, et, d'autre part, la période de la floraison et de la nouaison.

Tous ces phénomènes sont fonction des conditions climatiques, et ils ont été étudiés pendant deux ans, tant dans la région de Vello que dans celle de Patras. Étant donné que, dans ces deux régions, la tem-

pérature moyenne durant les mois de printemps et d'été présente tous les ans un écart très petit par rapport à la moyenne de température établie par les observations de douze ans (Tableaux XXXIII et XXXVIII), nous sommes portés à croire qu'après avoir étudié pendant deux ans consécutifs le développement de la vigne et pendant plus de deux ans l'évolution de divers stades de la végétation, nous pouvons nous faire une image nette de ces phénomènes.

Le développement de la vigne a été étudié dans la région de Vello sur les variétés Sultanina, Rhazaki, Phraoula, Sidéritis et Vigne de Corinthe et, dans la région de Patras, sur ces mêmes variétés avec le Rhoditis en plus.

Les mesures étaient faites sur deux ceps de chacune de ces variétés. Sur chaque cep on mesurait l'allongement et le nombre des feuilles de chaque sarment. Les ceps étaient pris au hasard dans la vigne avant le départ de la végétation. Les mesures étaient faites tous les dix jours, soit le 10, le 20 et le 30 ou 31 de chaque mois, du 1er avril au 31 août.

I. RÉSULTATS DES OBSERVATIONS DANS LA RÉGION DE VELLO

Les observations sur la croissance de la vigne dans la région de Vello ont été faites dans la vigne de l'Annexe de l'Office Autonome des Raisins Secs, à proximité de l'École Agricole de Vello.

On trouvera dans les tableaux XIX et XX les allongements des sarments observés tous les dix jours en 1957 et en 1958. Les chiffres indiquent la moyenne de la longueur des sarments, moyenne obtenue pour chaque variété en ajoutant les longueurs des sarments apparus sur les deux ceps et en divisant la somme de ces longueurs par le nombre de sarments.

En examinant les tableaux précités et les graphiques des figures 6 et 7, nous observons que dans toutes les variétés examinées l'allongement des sarments qui est au début très rapide se ralentit bientôt et cesse. A l'exeption de la variété Rhazaki, dont la croissance cesse entre la 1ère et la 2e décade de juillet, la croissance de toutes les autres variétés s'arrête entre la 2e et la 3e décade de juin, sauf celle de la Vigne de Corinthe qui s'arrête un peu plus tôt, entre la 1ère et la 2e décade du même mois. En général, comme on le voit par les chiffres de la moyenne, la végétation est nettement arretée vers la fin de juin.

TABLEAU XIX

Allongement des sarments en cm. de certaines variétés de vigne dans la région de Vello en 1957.

Variétés	Avril				Mai			Juin			Juillet			Août		
	1	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31
Sultanina	2,3	5,8	13,4	20,8	32,1	39,3	48,1	65,3	68,8	69,5	69,5	69,5	69,5	69.5	69.5	69,5
Vigne de Corinthe	2	5	14,5	37,5	65,3	87,7	112,7	140,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7
Rhazaki	0	1	4	13,3	37,7	65	100,5	182	246	308	341	350	350	350	350	350
Phraoula	0	1,8	5,3	13,5	31,5	44.3	65,7	95	115	126	126	126	126	126	126	126
Sidéritis	0	1	6,7	19,7	42	65,3	92	124.7	139	143	143	143	143	143	143	143
Moyenne	0,9	3,1	8,8	21	41,7	60,3	83,8	121,5	143,5	159	165	165	165	165	165	165

TABLEAU XX

Allongement des sarments en cm. de certaines variétés de vigne dans la région de Vello en 1958.

Variétés	Avril				Mai			Juin			Juillet			Août		
	1	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31
Sultanina	0,7	6,6	14,8	24,8	44,7	68,7	90,8	106,7	112,7	116,7	116,7	116,7	116,7	116,7	116,7	116,7
Vigne de Corinthe	0,8	5	14,8	40	80,8	123,5	159	181,5	184,3	187	187	187	187	187	187	187
Rhazaki	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Phraoula	2	7	16	37,3	71,5	121,5	164,5	194,8	203	214	221,5	225,5	228	228	228	228
Sidéritis	0	2,8	7,8	16,4	44,6	86,4	130,8	178,4	219,2	230,7	238,3	240	240	240	240	240
Moyenne	0,9	5,4	13,4	29,6	60,4	100	136,3	165,4	179,8	186,9	190,9	192,3	192,9	192,9	192,9	192,9

En 1957, les ceps de la variété Sultanina, ayant été choisis pour les observations avant le départ de la végétation, se sont avérés cachectiques; c'est pourquoi la longueur de 69,5 cm., observée en

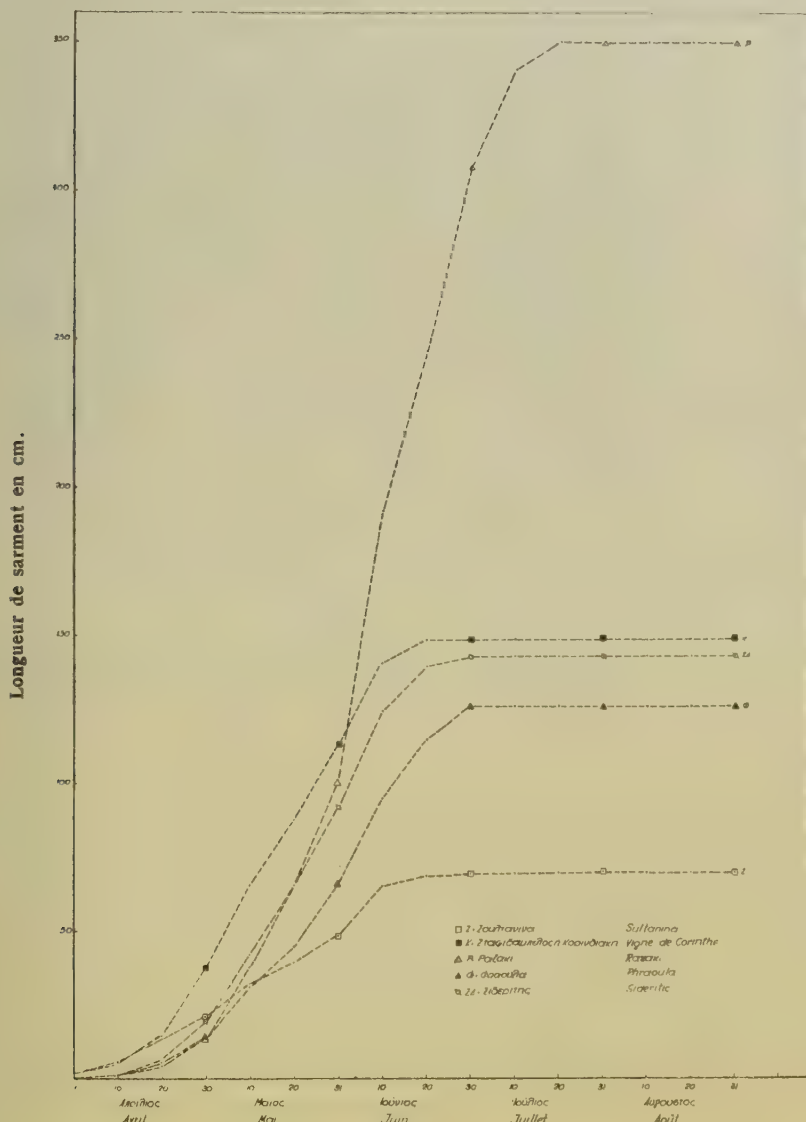


Fig. 6. Courbes d'allongement des sarments de certaines variétés de vigne dans la région de Vello en 1957.

regard de la longueur correspondante en 1958, qui a été la double, ne saurait être considérée comme la longueur régulièrement enregistrée.

Néanmoins, la marche de développement a suivi une courbe analogue à celle des autres variétés.

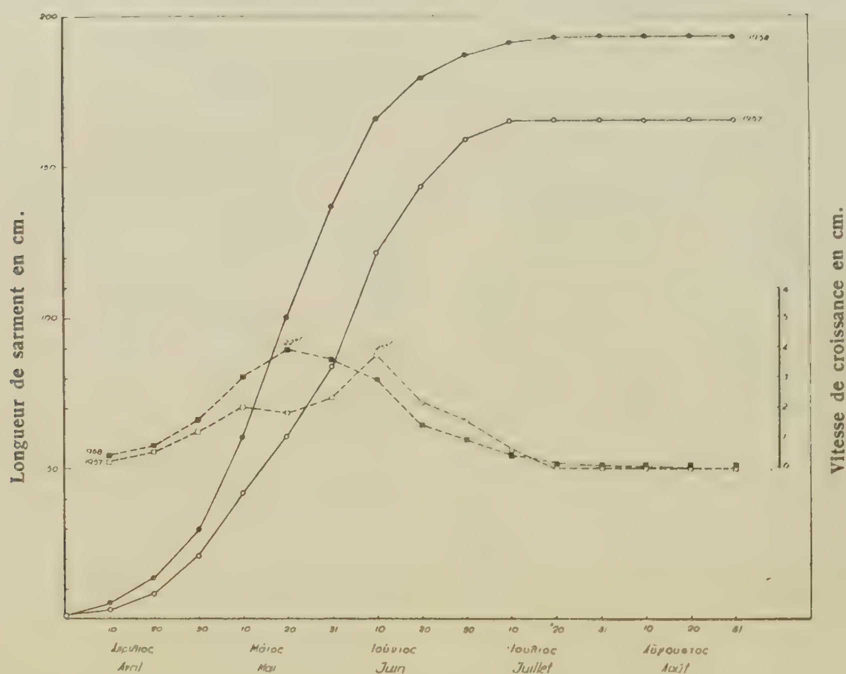


Fig. 7. Courbes de la moyenne de l'allongement des sarments de la vigne et de la vitesse de leur croissance dans la région de Vello en 1957 et 1958.

On observera sur les graphiques des figures 6 et 7 que la courbe de l'allongement des sarments présente, pour toutes les variétés, une forme sigmoide. Comme cela ressort du tableau XXIII, le rapport de croissance progressive des vignes a été de 6-2,2 depuis le 1er jusqu'au 30 avril, de 2-1,4 durant le mois de mai et de 1,3-1,1 en juin. En d'autres termes, durant le mois d'avril, la longueur des rameaux augmente de 6-2,2 fois tous les dix jours. En mai, la longueur augmente de 100-40%. Enfin en juin, de 30-10%. Exprimée en centimètres, cette croissance par décade se traduit par 3-16 en avril, 20-40 en mai et 30-6 en juin.

Les tableaux XXI et XXII indiquent le nombre moyen de feuilles par sarment, nombre obtenu en ajoutant celui de toutes les feuilles poussées sur les rameaux de chacun des ceps examinés, et en divisant par le nombre des rameaux. Si l'on examine les moyennes qui figurent à chaque tableau, on observe que l'augmentation du

TABLEAU XXI

Nombre de feuilles par sarment de certaines variétés de vigne dans la région de Vello en 1957.

Variétés	Avril				Mai			Juin			Juillet			Août		
	1	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31
Sultanina	0	4	6	7	10	11	13	16	23	24	24	24	24	24	24	24
Vigne de Corinthe	0	3	5	6	10	12	16	21	22	23	23	23	23	23	23	23
Rhazaki	0	1	3	5	8	11	15	20	26	29	36	40	40	40	40	40
Phraoula	0	3	5	7	10	16	17	23	26	28	28	28	28	28	28	28
Sidéritis	0	1	3	5	8	12	16	20	25	27	27	27	27	27	27	27
Moyenne	0	2	4	6	9	12	15	20	24	26	28	28	28	28	28	28

TABLEAU XXII

Nombre de feuilles par sarment de certaines variétés de vigne dans la région de Vello en 1958.

Variétés	Avril				Mai			Juin			Juillet			Août		
	1	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31
Sultanina	0	3	6	8	11	14	17	21	23	25	26	27	27	27	27	27
Vigne de Corinthe	0	3	5	7	11	14	18	22	23	23	23	23	23	23	23	23
Rhazaki	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Phraoula	3	5	6	8	13	16	21	27	29	32	36	37	38	38	38	38
Sidéritis	0	3	5	7	11	15	20	25	29	30	31	34	35	37	37	37
Moyenne	1	4	6	8	12	15	19	24	26	28	29	30	31	31	31	31

nombre des feuilles est parallèle, comme cela est d'ailleurs normal, à l'allongement des sarments et s'accomplit en avril à raison de 4-1,3, en mai de 1,5-1,3 et en juin de 1.3-1,1. En d'autres termes, pendant le premier mois de la végétation, le nombre de feuilles augmente de 300-50% tous les dix jours, en mai de 50-30% et en juin de 30-10%.

TABLEAU XXIII

Rapport de la croissance progressive des vignes dans la région de Vello en 1957 et 1958.

Période de végétation	Sarments		Feuilles	
	1957	1958	1957	1958
1-10 avril	3,5	6	—	4
11-20 »	3	2,5	2	1,5
21-30 »	2,5	2,2	1,5	1,3
1-10 mai	2	2	1,5	1,5
11-20 »	1,5	1,7	1,3	1,3
21-31 »	1,5	1,4	1,3	1,3
1-10 juin	1,3	1,2	1,3	1,3
11-20 »	1,2	1,1	1,2	1,1
21-30 »	1,1	1,1	1,1	1,1
1-10 juillet	1	1	1	1
11-20 »	1	1	1	1
21-31 »	1	1	1	1
1-10 août	1	1	1	1
11-20 »	1	1	1	1
21-31 »	1	1	1	1

On voit, d'après ce qui précède, que l'on peut compter tous les dix jours sur 2-4 feuilles en avril, sur 3-4 feuilles en mai – qui est le mois critique sous le rapport des invasions du parasite – et sur 5-2 en juin. Il en ressort enfin que, dans la plupart des variétés examinées, on n'observe pas de végétation nouvelle notable après le 30 juin et que, par conséquent, il n'y a pas besoin de la protéger.

L'examen du tableau XXIV et de la courbe de la figure 7 nous montre que le maximum de vitesse de croissance en 1957 a été observé dans la première décade de juin, à une température moyenne

de 25° C, et en 1958 dans la deuxième décade de mai à 22° C de température moyenne. L'apparition précoce du maximum de vitesse de croissance en 1958 est due à la température anormale de 22° C signalée à cette époque de l'année pour la première fois depuis douze ans.

TABLEAU XXIV

Vitesse de croissance des vignes dans la région de Vello en 1957 et 1958.

Période de végétation	1957		1958	
	Température moyenne en °C	Vitesse de croissance en cm.	Température moyenne en °C	Vitesse de croissance en cm.
1-10 avril	15	0,22	13	0,45
11-20 »	15	0,57	13	0,80
21-30 »	17	1,22	15	1,62
1-10 mai	17	2,07	17	3,08
11-20 »	18	1,86	22	3,96
21-31 »	20	2,35	22	3,63
1-10 juin	25	3,77	23	2,91
11-20 »	27	2,20	21	1,44
21-30 »	26	1,55	25	0,98
1-10 juillet	27	0,60	26	0.40
11-20 »	27	0	25	0,14
21-31 »	26	0	27	0,06
1-10 août	27	0	27	0
11-20 »	30	0	27	0
21-31 »	26	0	28	0

En considérant qu'une température oscillant entre 22 et 25° C est la plus favorable pour l'apparition du maximum de vitesse de croissance nous estimons, d'après les moyennes des douze années que celui-ci doit apparaître entre le 20 mai et le 10 juin.

En ce qui concerne les stades critiques de végétation de diverses variétés de la vigne observés en 1957 et en 1958, ils figurent au tableau XXV.

Il ressort du tableau XXV que le débourrement de la vigne commence ordinairement, suivant les années et suivant les variétés, entre

le 22 mars et le 10 avril. D'après nos observations, le départ de la végétation peut être parfois plus précoce. Environ dix jours après le débourrement apparaissent les grappes. Vient ensuite le long stade de la préfloraison, qui va se prolonger pendant un mois et demi environ et que la floraison vient interrompre entre le 16 et le 20 mai, pour

TABLEAU XXV

Stades végétatifs de la vigne dans la région de Vello en 1957 et 1958.

Stades végétatifs	Années	Vigne de Corinthe	Sultanina	Phraoula	Rhazaki	Sidéritis
Débourrement	1957	26-27/3	24-26/3	26/3-3/4	5-9/4	6-8/4
»	1958	31/3	22/3	22/3	1/4	1/4
Apparition des grappes	1957	1-5/4	1-5/4	10-15/4	15-20/4	17-23/4
»	1958	7/4	31/3	31/3	8/4	8/4
Floraison	1957	16-21/5	21-26/5	26/5-6/6	26-30/5	30/5-4/6
»	1958	16/5	21/5	22/5	22/5	24/5
Nouaison	1957	23-28/5	26-31/5	28/5-1/6	30/5-6/6	3-8/6
»	1958	23/5	30/5	30/5	30/5	1/6

ce qui concerne la Vigne de Corinthe, et entre le 20 et le 30 mai pour les autres variétés. Le stade de la floraison est suivi par celui de la nouaison, qui s'achève à peu près dans cinq jours à partir de la floraison.

Si l'on tient compte de la différence de susceptibilité de la vigne au cours des divers stades de son cycle végétatif, on peut conclure de ce qui précède que, dans la région de Vello, la période critique comence aux environs du 10 avril et se prolonge pendant deux mois.

II. RÉSULTATS DES OBSERVATIONS DANS LA RÉGION DE PATRAS

Dans la région de Patras, les observations sur le développement de la vigne ont été faites dans la Station Phytopathologique.

Les données recueillies sur la croissance des sarments, observée tous les dix jours, figurent aux tableaux XXVI et XXVII. Les chif-

TABLEAU XXVI

Allongement des sarments en cm. de certaines variétés de vigne dans la région de Patras en 1957.

Variétés	Avril				Mai			Juin			Juillet			Août		
	1	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31
Sultanina	2,5	7	21,2	40,2	58,2	76,5	101	142	172,5	187,3	187,3	187,3	187,3	187,3	187,3	187,3
Vigne de Corinthe	2,6	9,3	35,6	74,7	102	128,1	155,6	182	203,3	213	215,7	215,7	215,7	215,7	215,7	215,7
Rhazaki	0,5	3,1	12,8	36,9	74,5	106,5	148,7	213,7	242,7	264	265,3	265,3	265,3	265,3	265,3	265,3
Phraoula	1,1	3,7	9,3	20,7	32,8	47	65,3	87,5	103,5	107,7	109,5	111,3	111,3	111,3	111,3	111,3
Sidéritis	0	1,6	6,7	24	44,8	66,2	93,6	122,1	146,7	149	157	158	160,8	163,5	163,5	163,5
Rhoditis	2.6	11,5	32,2	55,5	74,8	93,3	117,9	158,5	176.5	180,5	183,5	183,5	183,5	183,5	183,5	183,5
Moyenne	1,6	6	19,8	43,7	64.5	86,3	113,7	151	174,2	183,6	186,4	186,8	187,3	187,7	187,7	187,7

TABLEAU XXVII

Allongement des sarments en cm. de certaines variétés de vigne dans la région de Patras en 1958.

Variétés	Avril				Mai			Juin			Juillet			Août		
	1	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31
Sultanina	2,9	7,6	17,6	36,3	62,6	100,7	142,3	208,4	240,3	278,3	305,7	319,7	324,1	324,1	324,1	324,1
Vigne de Corinthe	3,6	8,3	20,8	41,5	61,3	98,5	142	147,5	149	149	149	149	149	149	149	149
Rhazaki	1	3,7	8,3	23,8	52	93,5	127,5	168,7	190,7	205,8	209	209,8	209,8	209,8	209,8	209,8
Phraoula	1,3	5	13,5	32,3	64,8	108,3	152,7	195	206,7	211,3	211,3	211,3	211,3	211,3	211,3	211,3
Sidéritis	0	1,5	3,5	10,8	30,8	62,5	97.3	135,5	156,5	177,5	197	209.5	215,3	216,8	218,3	218,3
Rhoditis	1,2	3,8	9,6	23,6	42,6	64,3	87,3	130,8	146,5	152,8	154,8	154,8	154,8	154,8	154,8	154,8
Moyenne	1,7	5	12,2	28,1	52,4	105,6	124,9	164,3	181,6	195,8	204,5	209	210.7	211,2	211,2	211,2

fres y indiquent la longuer moyenne, obtenue comme pour les tableaux XIX et XX.

L' examen des données des tableaux XXVI et XXVII et des graphiques des figures de 8 et 9 montre que, dans toutes les variétés

Fig. 8. Courbes d'allongement des sarments de certaines variétés de vigne dans la région de Patras en 1957.

examinées, la coube de croissance des sarments est analogue à celle qui a été déjà étudiée dans la région de Vello. Très rapide au début, la croissance se ralentit un peu plus tard, de sorte que, pour toutes les variétés, l'arrêt de la végétation commence vers la fin de juin pour finir dans la première décade de juillet. Le rapport de croissance est consignée au tableau XXXII. On y voit qu'elle fluctue entre 4-2

au mois d'avril, entre 1,9 - 1,2 au mois de mai et entre 1,3 - 1,1 au mois de juin. En d'autres termes, la longueur des rameaux augmente progressivement tous les dix jours de quatre à deux fois depuis le commencement jusqu'à la fin du mois d' avril, et de 90-20°/₀ pendant le mois de mai, pour se limiter à 30-10°/₀ durant le mois de juin. Exprimée en centimètres cette croissance peut être évaluée par décade à 5-20 en avril, à 20-50 en mai et à 30-10 en juin.

La moyenne du nombre des feuilles tous les dix jours figure, pour toute la periode de la germination de la vigne, aux tableaux XXVIII et XXIX. Il en ressort que l' augmentation du nombre des feuilles

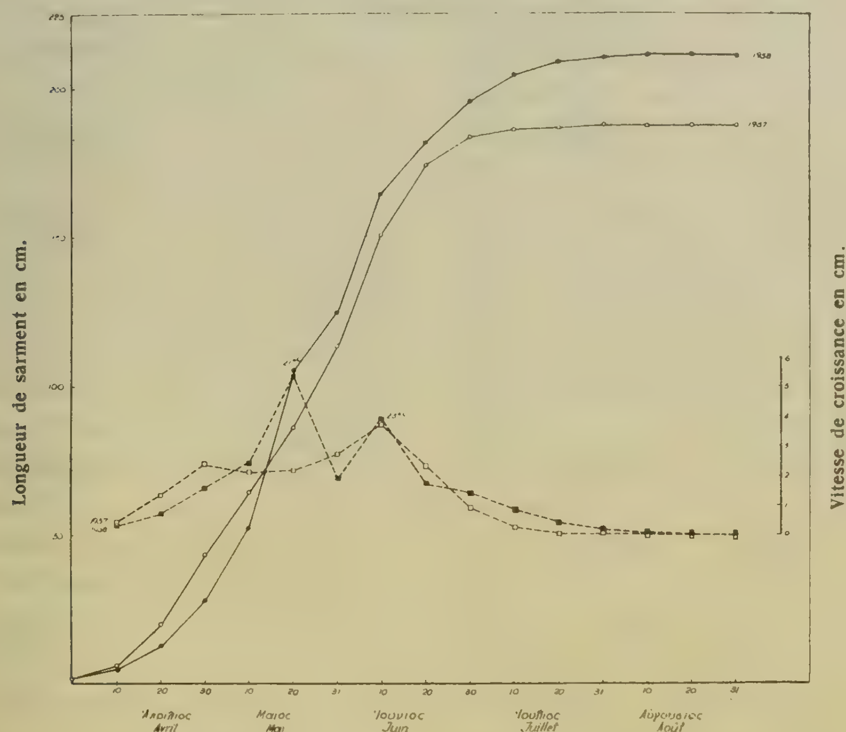


Fig. 9. Courbes de la moyenne de l'allongement des sarments de la vigne et de la vitesse de leur croissance dans la région de Patras en 1957 et 1958.

suit l'augmentation de la longueur des sarments et s'arrête, pour la plupart des variétés, vers la fin de juin. Elle se fait à raison de 2-1,5 pour le mois d'avril, de 1,3 - 1,9 pour le mois de mai et de 1,6 - 1,1 pour le mois de juin. Ainsi, le nombre de feuilles augmente de 100-50°/₀ tous les dix jours en avril, de 90-30°/₀ en mai et de 60-10°/₀ en

TABLEAU XXVIII

Nombre de feuilles par sarment de certaines variétés de vigne dans la région de Patras en 1957.

Variétés	Avril				Mai			Juin			Juillet			Août		
	1	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31
Sultanina	0	4	6	11	13	17	27	38	51	65	65	65	65	65	65	65
Vigne de Corinthe	0	4	9	16	19	24	38	62	84	93	98	98	98	98	98	98
Rhazaki	0	2	3	8	11	15	28	40	47	71	72	73	73	73	73	73
Phraoula	0	3	6	9	13	17	27	40	66	70	80	88	88	88	88	88
Sidéritis	0	2	4	7	11	14	22	44	75	80	100	105	105	105	105	105
Rhoditis	0	5	10	15	17	20	33	56	79	95	95	95	95	95	95	95
Moyenne	0	3	6	11	14	18	29	47	67	79	85	87	87	87	87	87

TABLEAU XXIX

Nombre de feuilles par sarment de certaines variétés de vigne dans la région de Patras en 1958.

Variétés	Avril				Mai			Juin			Juillet			Août		
	1	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31
Sultanina	0	3	5	7	9	16	33	52	62	73	77	79	80	80	80	80
Vigne de Corinthe	1	4	6	7	10	18	32	49	55	56	56	56	56	56	56	56
Rhazaki	0	3	4	6	8	13	23	33	40	45	45	45	45	45	45	45
Phraoula	0	3	5	6	9	16	28	50	58	65	66	66	66	66	66	66
Sidéritis	0	0	1	4	6	12	23	37	50	58	71	86	89	97	98	98
Rhoditis	0	2	3	5	8	14	25	40	58	64	65	65	65	65	65	65
Moyenne	0	3	4	6	8	15	27	44	54	60	63	66	67	68	68	68

juin. Les nouvelles feuilles poussées tous les dix jours peuvent être évaluées à 3-5 en avril à 3-12 en mai et à 20-6 en juin. Il y a lieu d'observer ici que depuis le 20 mai jusqu'au 20 juin le nombre des nouvelles feuilles s'élève tous les dix jours à 11-20. Ce phénomène ne semble pas sans rapport avec la vitesse de croissance des vignes, laquelle est très grande durant cette période, comme on le voit au

TABLEAU XXX

Rapport de la croissance progressive des vignes dans la région de Patras en 1957 et 1958.

Période de végétation	Sarments		Feuilles	
	1957	1958	1957	1958
1-10 avril	4	2,9	—	—
11-20 »	3	2,5	2	1,3
21-30 »	2	2,3	2	1,5
1-10 mai	1,5	1,9	1,3	1,3
11-20 »	1,3	2	1,3	1,9
21-31 »	1,3	1,2	1,6	1,8
1-10 juin	1,3	1,3	1,6	1,6
11-20 »	1,2	1,1	1,4	1,2
21-30 »	1,1	1,1	1,2	1,1
1-10 juillet	1	1,1	1,1	1,1
11-20 »	1	1	1	1,1
21-31 »	1	1	1	1
1-10 août	1	1	1	1
11-20 »	1	1	1	1
21-31 »	1	1	1	1

tableau XXXI. Ce même tableau, ainsi que le graphique de la figure 9, nous montrent que la vitesse de croissance a atteint son maximum pour l'année 1957 durant la première décade de juin à une température moyenne de 23° C et, pour l' année 1958, durant la deuxième décade de mai à une température moyenne de 21° C. Comme dans la région de Vello, ici aussi l'apparition du maximum de vitesse de croissance dès la deuxième décade du mois de mai est due au fait que la température a été durant cette période plus élevée qu' elle ne l'avait été durant la période correspondante des douze dernières années. On peut conclure de ce qui précède, d'une part, que la vitesse atteint son

maximum à 21-23° C, et, d'autre part, que ces températures sont observées dans les moyennes de la période allant du 20 mai au 10 juin.

TABLEAU XXXI

Vitesse de croissance des vignes dans la région de Patras en 1957 et 1958.

Période de végétation	1957		1958	
	Température moyenne en °C	Vitesse de croissance en cm.	Température moyenne en °C	Vitesse de croissance en cm.
1-10 avril	14	0,44	13	0,33
11-20 »	14	1,38	15	0,72
21-30 »	17	2,39	15	1,59
1-10 mai	16	2,08	18	2,43
11-20 »	17	2,18	21	5,32
21-31 »	20	2,74	22	1,93
1-10 juin	23	3,73	23	3,94
11-20 »	25	2,32	22	1,73
21-30 »	25	0,94	24	1,42
1-10 juillet	25	0,28	25	0,87
11-20 »	25	0,04	26	0,45
21-31 »	25	0,05	26	0,17
1-10 août	26	0,04	28	0,05
11-20 »	28	0	27	0
21-31 »	24	0	28	0

Les stades de végétation de la vigne observés en 1957 et en 1958 figurent au tableau XXXII.

Il ressort de ce tableau que la végétation de la vigne commence vers la fin de mars. Parmi les variétés examinées, ce sont la Vigne de Corinthe, la Sultanina et le Rhoditis qui débourrent les premières, suivies de la Phraoula et du Rhazaki et, en dernier lieu, du Sidéritis. Environ dix jours après le débourrement on voit apparaître les grappes. Le stade de la floraison se place habituellement entre le 20 et le 30 mai, sauf pour la Vigne de Corinthe qui devance ordinairement les autres variétés d'une semaine. Immédiatement après la floraison vient le stade de la nouaison qui, pour toutes les variétés, se trouve achevé

entre la fin de mai et le commencement de juin. De ce qui précède on peut conclure que dans la région de Patras comme dans celle de Vello, la période critique s'étend du 10 avril au 10 juin.

TABLEAU XXXII
Stades végétatifs de la vigne dans la région de Patras en 1957 et 1958.

Stades végétatifs	Années	Vigne de Corinthe	Sultanina	Phraoula	Rhazaki	Sidéritis	Rhoditis
Débourrement	1957	23-24/3	23-24/3	29-30/3	29-31/3	4-5/4	23-24/3
»	1958	25-30/3	25-30/3	31/3-5/4	30/3-5/4	7/4-12/4	30/3-5/4
Apparition des grappes	1957	1-2/4	4-8/4	4-9/4	9-13/4	15-19/4	2-3/4
»	1958	30/3-4/4	30/3-5/4	5-10/4	3-8/4	15/4-20/4	3-6/4
Floraison	1957	15-20/5	21-28/5	24-30/5	21-28/5	27/5-5/6	19-27/5
»	1958	18-25/5	20-25/5	25-30/5	23-28/5	30/5-5/6	23-28/5
Nouaison	1957	21-25/5	23-30/5	27/5-3/6	23-30/5	1-7/6	22-29/5
»	1958	25-28/5	25-30/5	30/5-4/6	29/5-3/6	6-10/6	29/5-3/6

En comparant les deux régions précitées sous le rapport des différentes phases de végétation de la vigne, nous en concluons que les conditions climatiques y déterminent à peu près le même cycle végétatif. Dans l'une région comme dans l'autre, les stades critiques du point de vue du Mildiou se placent, avec une precision quasi mathématique, entre le 10 avril et le 10 juin, d'où il s'ensuit que sous le rapport de la végétation la lutte contre le parasite pourraît être envisagée de la même façon.

CHAPITRE V

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

La température constitue un facteur fondamental au développement du champignon, en tant qu'elle détermine la maturation et la germination des oospores, la naissance et la germination des conidies, ainsi que le progrès du mycélium dans les tissus de l'hôte, et par conséquent la durée d'incubation. La pluie, d'autre part, combinée avec la température, est aussi un facteur extrêmement important de l'épidémiologie du Mildiou de la vigne, en tant qu'elle influence la maturation et la germination des oospores, en fournissant l'eau nécessaire à la germination des conidies et en déterminant le nombre des invasions annuelles du parasite. L'importance de ce facteur pourra être appréciée à sa juste valeur si nous rappelons que, dans certains pays viticoles, la détermination des périodes de pluie détermine aussi le mode des prévisions et des avertissements. Ajoutons enfin que l'humidité relative de l'atmosphère constitue le troisième facteur important qu'il convient d'étudier, puisqu'elle agit non seulement sur l'hôte, mais encore sur la fructification du champignon et par conséquent sur l'apparition de nouvelles conidies.

La biologie du parasite étant donc étroitement liée aux conditions climatiques d'une région déterminée, il importe d'étudier minutieusement ces conditions si l'on veut suivre efficacement l'évolution des épidémies et les moyens mis en œuvre pour les combattre.

Ces considérations nous ont amenés à rassembler les données en question, que nous présentons dans une série de tableaux.

Pour ce qui concerne la région de Vello, nous nous sommes basés sur les données provenant de la cage météorologique de l'Annexe de l'Office Autonome des Raisins Secs à Coconi, et pour ce qui concerne la région de Patras de la Station Météorologique du Service National de Météorologie à Itiès.

Pour la formation des tableaux on s'est servi des données d'une douzaine d'années de 1947 à 1958 inclusivement; on y voit la moyenne de température, la moyenne d'humidité relative et le nombre de jours de pluie par décade, du 1er avril au 30 novembre ainsi que, le nombre de jours de rosée et encore un tableau où figurent pour certaines années le nombre de jours durant lesquels l'humidité relative a dépassé pendant la nuit le taux de 85%.

TABLEAU XXXIII

Moyenne de dix jours de la température de la période d'avril à novembre dans la région de Vello.

Années	Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
	1ère*	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e
1947	16	14	19	19	19	23	25	25	25	27	27	28	28	26	26	23	24	22	20	17	15	13	14	13
1948	14	15	15	17	20	22	21	24	22	25	26	26	28	27	27	24	23	22	19	18	17	16	13	8
1949	12	12	17	20	18	21	22	24	24	24	24	27	27	24	23	24	21	20	20	16	15	15	13	13
1950	12	17	19	16	18	24	22	26	26	29	27	28	28	26	28	24	25	23	20	16	16	14	13	12
1951	14	16	16	20	18	24	23	25	27	25	27	26	28	27	25	26	22	20	17	14	15	14	13	10
1952	17	16	18	21	18	18	22	26	24	25	26	26	27	28	27	27	26	22	20	17	18	13	14	14
1953	16	14	17	17	19	20	23	23	26	27	28	29	29	27	26	25	23	25	21	19	16	15	10	8
1954	14	12	15	16	18	21	23	26	27	26	25	28	28	28	26	26	26	23	19	19	17	16	15	12
1955	13	13	14	19	21	22	24	25	26	26	27	28	26	24	27	23	22	21	18	18	17	16	14	10
1956	12	16	19	19	19	23	23	27	23	27	28	28	29	28	28	27	23	21	21	16	17	15	16	13
1957	15	15	17	17	18	20	25	27	26	27	27	26	27	30	26	23	24	23	22	19	18	17	14	13
1958	13	13	15	17	22	22	23	21	25	26	25	27	27	27	28	23	22	24	22	20	17	17	15	13
Moyenne	14	14,4	16,7	18	19	21,6	23	24,9	25	26,1	26,4	27,2	27,6	26,8	26,4	24,5	23,4	22,1	19,9	17,4	16,5	15	13,6	11,5

* dizaine de jours.

TABLEAU XXXIV

Moyenne de dix jours de l'humidité relative de la période d'avril à novembre dans la région de Vello.

Années	Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
	1ère*	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e
Station météorologique de Corinthe **																								
1950	84	71	61	69	66	60	60	65	63	57	60	54	65	55	57	76	64	70	66	60	66	70	66	68
1951	72	68	68	65	66	60	67	63	67	63	63	63	57	65	64	65	68	67	73	74	80	79	76	73
1952	58	61	63	68	75	75	63	66	65	53	51	63	61	58	50	60	63	66	66	68	69	71	75	77
1953	61	70	72	73	68	74	69	76	68	61	55	55	56	53	67	69	65	58	72	83	71	83	68	72
1954	68	74	75	77	75	66	70	71	73	72	66	68	68	72	85	61	63	73	72	79	82	81	83	78
1955	78	80	71	67	68	63	65	65	71	68	62	62	67	73	68	75	65	69	83	78	74	77	83	73
Moyenne	70	71	68	70	70	66	66	68	68	62	60	61	62	63	65	68	65	67	72	74	74	77	75	74
Station météorologique de Coconi																								
1956	62	74	64	68	68	63	63	59	63	60	65	61	57	57	60	59	60	65	62	63	67	75	92	87
1957	60	58	61	63	68	65	55	57	56	51	55	59	58	54	63	66	59	63	68	59	84	78	66	76
1958	65	71	66	65	63	67	62	64	61	60	56	58	56	59	53	61	64	63	60	61	62	69	69	65
Moyenne	62	68	64	65	66	65	60	60	60	57	59	59	57	57	59	62	61	64	63	61	71	74	76	76

* Dizaine de jours.

** Les données météorologiques pour les années 1950-1955 sont celles de la Station de Corinthe (près de Vello).

TABLEAU XXXV

Nombre de jours de pluie pendant la période d'avril à novembre dans la région de Vello.

Années	Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
	1ère*	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e
1947	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	3	5	2	0
1948	0	2	3	0	2	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	3	3	3
1949	1	1	1	1	1	0	2	0	0	2	3	0	0	0	0	2	3	1	3	3	0	7	4	1
1950	5	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	4	0	1
1951	0	0	2	1	2	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	2	2	2	3	5	6	3	2	5
1952	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	8	1	2
1953	0	3	1	2	2	3	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4	3	1	8	1	2
1954	0	4	1	4	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	4	3	6	2
1955	2	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3	1	3	6	2	1	3	6	3
1956	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	2	2	4	5
1957	1	5	0	4	3	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	2	0	1	1	0	8	5	3	6
1958	2	5	3	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	2	2	4	5
Moyenne	1	2,1	1	1,5	1,3	0,7	0,6	0,7	0,3	0,2	0,2	0	0,1	0,1	0,3	1,2	0,7	0,9	1,6	1,9	2,4	4,5	3,1	2,7

* Dizaine de jours.

TABLEAU XXXVI

Nombre de jours de rosée observé pendant la période d'avril - août dans la région de Vello.

Années	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
1947	23	19	16	22	24
1948	18	26	18	11	14
1949	21	24	20	25	9
1950	24	21	3	0	8
1951	21	22	19	25	31
1952	22	21	16	7	31
1953	24	21	22	7	2
1954	18	17	15	—	—
1955	—	—	—	—	—
1956	30	27	14	0	1
1957	—	4	0	1	2
1958	—	—	—	—	—
Moyenne	22	20	14	11	14

TABLEAU XXXVII

Nombre de jours pendant lesquels l'humidité relative à été maintenue au dessus de 85% durant quatre heures entre minuit et 4 heures du matin pour la période d'avril - août dans la région de Vello.

Années	Avril			Mai			Juin			Juillet			Août		
	1ère*	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e
1957	—	—	—	4	6	3	0	0	2	0	1	0	0	1	1
1958	—	2	5	2	4	2	1	2	0	1	0	0	0	0	0

* Dizaine de jours.

TABLEAU XXXVIII

Moyenne de dix jours de la température de la période d'avril à novembre dans la région de Patras.

Années	Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
	1ère*	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e
1947	16	15	17	18	19	21	23	24	25	27	27	28	28	27	26	24	25	23	22	18	16	14	16	14
1948	14	15	15	17	20	22	21	23	22	24	24	27	27	26	26	25	24	21	20	20	19	18	14	9
1949	13	14	17	21	19	21	23	24	24	24	25	26	28	24	24	24	23	21	21	18	16	14	15	14
1950	14	19	19	19	18	24	23	25	26	29	28	29	27	26	29	25	25	24	22	18	17	15	14	13
1951	16	16	17	19	19	22	24	24	26	27	28	26	28	27	25	26	24	22	20	16	16	16	16	13
1952	17	18	19	22	19	19	23	25	25	26	28	27	28	30	28	23	26	23	21	18	18	15	14	15
1953	16	15	17	17	19	20	22	23	26	26	27	27	28	27	25	24	23	24	21	19	17	17	11	10
1954	15	14	15	16	19	20	22	25	26	25	25	27	26	25	24	24	23	21	19	19	17	15	15	11
1955	13	13	15	18	20	22	23	23	24	25	26	27	24	24	25	23	22	21	19	19	19	17	15	11
1956	12	15	18	17	18	22	22	24	22	25	28	27	29	27	27	27	23	21	20	15	16	15	15	13
1957	14	14	17	16	17	20	23	25	25	25	25	25	26	28	24	22	22	23	22	18	18	17	13	13
1958	13	15	15	18	21	22	23	22	24	25	26	26	28	27	28	21	21	21	20	18	15	16	15	11
Moyenne	14,4	15,2	16,7	18.1	19	21,2	22,6	23,9	24,5	25,6	26,4	26,8	27,2	26.5	25,9	24	23,4	22	20,5	18	17	15,7	14,4	12,2

* Dizaine de jours.

TABLEAU XXXIX

Moyenne de dix jours de l'humidité relative de la période d'avril à novembre dans la région de Patras.

Années	April			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
	1ère*	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e
1947	62	67	67	64	64	65	63	66	66	66	66	63	64	65	67	72	65	69	63	67	69	70	69	71
1948	70	70	71	73	70	69	68	67	64	67	67	63	64	65	67	71	71	74	75	71	73	76	74	70
1949	69	70	70	69	71	66	68	68	66	69	67	65	65	67	55	65	73	63	77	73	77	78	77	79
1950	73	63	66	60	65	63	54	62	59	57	64	57	68	63	51	68	66	69	65	65	68	76	75	71
1951	75	70	67	66	68	69	66	64	64	61	61	64	58	66	71	71	57	71	61	65	70	70	69	70
1952	61	60	59	66	63	63	61	64	60	59	55	62	60	56	66	74	70	70	68	70	78	71	74	78
1953	76	71	73	67	72	76	69	72	71	67	64	52	63	55	66	62	72	69	73	75	72	69	65	65
1954	65	63	70	72	72	72	67	68	65	63	67	57	64	61	64	56	60	65	75	73	75	76	76	75
1955	72	72	64	74	73	69	67	64	69	66	65	66	67	70	64	70	71	72	79	74	74	73	77	69
1956	67	61	56	65	65	64	65	59	63	59	62	58	51	61	57	55	57	59	67	61	69	71	73	72
1957	63	67	62	66	69	68	68	61	59	57	61	65	61	60	69	73	69	71	69	61	79	74	72	73
1958	67	66	65	60	66	61	64	65	60	63	58	61	57	60	60	69	68	67	67	73	69	74	75	68
Moyenne	68	67	66	67	68	67	65	65	64	63	63	61	62	62	63	67	67	68	70	69	73	73	73	72

* Dizaine de jours.

TABLEAU XL

Nombre de jours de pluie pendant la période d'avril à novembre dans la région de Patras.

Années	Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
	1ère*	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e
1947	0	1	1	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	0	3	2	4	3	4
1948	4	4	2	7	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	4	3	2
1949	4	2	2	3	3	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3	2	3	4	1	8	4	4
1950	3	2	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1	0	0	3	8	2	2
1951	5	0	2	2	1	0	3	1	1	0	1	0	0	0	3	2	1	2	5	6	8	5	4	7
1952	2	1	2	0	3	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	2	1	7	4	6
1953	0	4	2	6	2	4	5	2	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	4	5	2	6	0	0
1954	3	7	4	7	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	3	5	8	3
1955	6	7	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	2	3	0	3	2	4	5	2	3	2	9	5
1956	6	0	1	5	2	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	3	2	0	4	4	8	6
1957	0	4	0	5	3	3	0	2	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	2	10	3	5	3
1958	4	5	2	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	4	2	8	7	2
Moyenne	3	3	1,6	3,3	1,8	1,4	1,3	0,6	0,6	0	0,2	0,1	0,3	0,3	0,5	1,3	0,9	1,2	2,5	2,5	2,2	5,3	4,7	3,6

* Dizaine de jours.

TABLEAU XLI

Nombre de jours de rosée observé pendant la période d'avril - août dans la région de Patras.

Années	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
1947	28	29	28	31	29
1948	17	25	26	30	31
1949	23	30	29	31	29
1950	27	28	27	28	28
1951	21	12	21	26	25
1952	19	25	28	9	16
1953	21	21	15	26	24
1954	14	18	23	17	23
1955	15	21	18	8	11
1956	18	23	16	15	20
1957	23	—	28	30	31
1958	30	30	29	31	28
Moyenne	21	24	24	24	25

TABLEAU XLII

Nombre de jours pendant lesquels l'humidité relative a été maintenue au dessus de 85% durant quatre heures entre minuit et 4 heures du matin pour la période d'avril - août dans la région de Patras.

Années	Avril			Mai			Juin			Juillet			Août		
	1ère*	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e
1958	5	4	6	3	5	5	2	3	3	2	2	4	3	0	0

* Dizaine de jour.

TABLEAU XLIII

Moyenne de dix jours de la température minimum durant les mois d'avril et de mai dans la région de Vello et de Patras.

Années	Vello						Patras					
	Avril			Mai			Avril			Mai		
	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e	1ère	2e	3e
1947	10	9	11	12,5	12	15	6	6	8	9	10	11
1948	9	9	8,5	12	13	14	7	9	8	11	13	11
1949	7	6,5	10	12	12	14	6,5	6	9	11	11	12
1950	9	12	11	13	10	16	8	10	10	13	10	15
1951	10	9	10,5	12	12	14,5	10,5	9	10	12	14	14
1952	9	9	11	14	14	13	9	9	11	13	13	10
1953	8	8	10	10,5	12	14	8	9	11	11	11	14
1954	9	7	7	9	11,5	12	9	9	9	10	13	12
1955	8	8	8	11	12	14	9	8	6	9	11	14
1956	6	7	10	9	11	14	7	7	11	10	12	15
1957	7	9	9	10	12	14	7	10	8	10	11,5	14
1958	5,5	6	5	10	15	15	9	9	10	10	13	15
Moyenne	8,1	8,3	9,2	11,2	12,2	14,1	8	8,4	9,2	10,7	11,8	13

CHAPITRE VI

ÉPIDÉMIOLOGIE DU MILDIOU DE LA VIGNE

On se propose d'examiner ici les conditions dans lesquelles se réalisent l'infection primaire et les infections secondaires, ainsi que les facteurs de toute sorte qui contribuent à la naissance et à l'évolution des épidémies dans la région de Vello et de Patras

I. INFECTION PRIMAIRE

Pour se produire, l'infection primaire a besoin de feuilles susceptibles d'être contaminées et, d'autre part, d'une température convenable, ainsi que d'un trempage prolongé des oospores mûres, afin que celles-ci puissent germer et produire la contamination.

Les opinions des chercheurs, en ce qui concerne la suceptibilité des feuilles à la contamination, sont différentes. D'après Ravaz (1914), les feuilles peuvent être contaminées dès leur premier âge, quand elles se trouvent encore à l'intérieur du bourgeon. Müller et Sleuner (1934), soutiennent que les jeunes feuilles de 1,3 × 1,3 cm. ne peuvent être contaminées que dans une atmosphère saturée d'humidité. En plein air celles-ci peuvent être contaminées si elles offrent une superficie de 4-7 cm^2. Enfin Baldacci (1947) admet que la contamination réussit sur des feuilles à superficie de 6-8 cm^2 et soutient que la vigne est susceptible au stade de 5-10 cm. de longueur des rameaux.

Ces dernières dimensions de feuille, tout au moins pour ce qui concerne un certain nombre de variétés peuvent être observées dès le commencement du mois d'avril, tant dans la région de Vello que dans celle de Patras. Dans l'une comme dans l'autre, la vigne commence à débourrer, suivant les années, entre le 20 mars et le 10 avril. Le départ de la végétation peut être parfois plus précoce ou plus tardif. Il s'ensuit que dès la première décade d'avril, la vigne s'offre à la contamination.

En ce qui concerne la température nécessaire à l'infection primaire, la plupart des chercheurs s'accordent pour affirmer que la moyenne doit être supérieure à 11 °C (Ravaz 1914, Darpoux 1943, Schad 1936, 1943). D'après Savulescu et ses collaborateurs (1957), la contamination primaire peut se manifester si la température moyenne se trouve autour de 10 °C. Baldacci (1947) estime de son côté que pour la naissance de l'épidémie du Mildiou de la vigne il y a besoin d'une température minimum stabilisée au-dessus de 10 °C.

L'examen du tableau XXXIII nous montre que dans la région de Vello la température moyenne de la première décade d'avril, obtenue comme moyenne de douze années, oscille entre 12 et 17 °C, avec une moyenne de 14 °C. C'est ainsi dans la région de Patras, comme on le voit au tableau XXXVIII. En ce qui concerne la température minimum dans la région de Vello, elle oscille entre 5,5 et 10 °C durant la première décade d'avril, avec un taux moyen de 8 °C (Tableau XLIII). Cette même moyenne de température minimum est enregistrée pour la première décade du même mois dans la région de Patras. Mais, comme il a été constaté dans nos expériences précédentes, une température minimum inférieure à 11 °C ne constitue pas un facteur entravant la germination des oospores, puisque même à une température moyenne inférieure à cette limite nous avons constaté leur germination. Par conséquent, dès le commencement d'avril, le facteur de la température ne constitue pas un obstacle à l'infection primaire. Un cas typique nous en a été donné au printemps de 1958. Le minimum de la température enregistrée dans la région de Vello depuis le 22 mars, date où la vigne a commencé à débourrer, jusqu'au 10 avril, est resté bien en-dessous de 11 °C, la température moyenne ayant oscillé entre 9,9 et 14,6 °C. Les premières taches du Mildiou de la vigne ont été signalées en plein air peu après le 10 avril. Si l'on considère que la durée d'incubation correspondant à 13 °C de température moyenne est de huit jours environ, dans la région examinée, on peut en conclure que la contamination primaire a été accomplie avant le 10 avril.

Reste à examiner le facteur du trempage des oospores. Le trempage se fait soit par la pluie, soit par irrigation ou par toute autre eau de surface. Le temps d'imprégnation nécessaire à la germination des oospores varie d'après la température du milieu, comme cela a été démontré par les expériences mentionnées dans le chapitre concernant la germination des oospores. Longue sous des conditions de basse température, la durée du trempage des oospores se raccourcit à

mesure que la température s'élève. Après avoir observé au laboratoire à 23 °C, pendant une série d'années, la durée de germination des œufs nous avons constaté que cette durée est proportionnelle à la maturité des oospores et qu'elle oscille durant le mois d'avril dans les deux régions précitées entre 2 et 6 jours. Par conséquent, lorsque la température moyenne dans la nature est de 15 °C, comme c'est le cas pour le mois d'avril, la germination des oospores en plein air a besoin de 3 à 9 jours pour se réaliser. Pendant tout ce temps les oospores doivent être tenues en état de constante imprégnation. Mais en avril, dans la région de Vello, les périodes de pluies qui puissent tremper le sol pendant tant de jours consécutifs sont rares. Le nombre de jours de pluie, représentant la moyenne de douze ans (Tableau XXXV), s'élève pour le mois d'avril dans cette région, à quatre. A une telle fréquence de pluie la germination des oospores serait impossible, du moins à une grande échelle, et devrait se limiter à des emplacements où l'eau s'accumule, tels que fossés d'irrigation, ceux du drainage et autres foyers d'eau stagnante.

Un mode de culture particulier à la région de Vello complète dans une grande mesure le facteur de la pluie, en ce qui concerne aussi bien la maturation que la germination des oospores. Il s'agit d'une coutume relative aux irrigations. On pratique ordinairement deux irrigations par an, la première pendant l'hiver et la deuxième au mois de mars, avant le bêchage. Certains vignerons en font une troisième en avril - mai, avant le sarclage. A cette époque de l'année plusieurs vignes sont inondées d'eau, ce qui contribue à la germination d'un grand nombre d'oospores, puisque le sol demeure imprégné d'eau pendant plusieurs jours.

Les premières taches du Mildiou sont repérées tous les ans sur des sarments de vignes irriguées rampant sur le sol, ou sur des souches d'anciennes vignes transformées en vergers. On trouve de ces souches à la lisière des vergers où elles sont ordinairement recouvertes de mauvaises herbes, et leurs sarments rampant sur le sol et pouvant être facilement mouillés, forment les premiers foyers de contamination. Enfin certaines vignes que l'on néglige à cultiver et à tailler offrent des conditions favorables à l'apparition de l'infection primaire.

Dans la région de Patras et pendant toute la durée de nos observations, depuis 1951 jusqu'à 1958, nous n'avons jamais observé l'infection primaire sur une grande échelle, bien que la moyenne des jours de pluie ait été de huit pour le mois d'avril (Tableau XL). Ici

aussi la contamination primaire se manifeste en avril par un nombre de taches très restreint et difficilement repérable, sur des sarments gisants sur le sol dans des endroits constamment humides.

L'intensité de l'infection primaire est en général déterminée par la température, par la pluie et par le nombre et la maturité des oospores. Cette dernière notion comprend le pourcentage d'oospores mûres et la vitesse de leur germination. Lorsque tous les facteurs précités sont favorables, en d'autres termes lorsque la température moyenne est supérieure à 11 °C, lorsque la durée d'imprégnation des oospores se prolonge par des pluies qui inondent le sol pendant plusieurs jours et, enfin, lorsque le pourcentage d'oospores mûres est élevé et la durée de leur germination brève, on voit alors l'infection primaire se manifester simultanément à plusieurs endroits et prendre la forme d'une première invasion massive. Si, au contraire, l'un des facteurs précités fait défaut, la première apparition du parasite est faible; il se manifeste par un très petit nombre de taches et passe ordinairement inaperçu.

Si l'on examine, d'après les conditions climatiques générales, les premières manifestations du Mildiou de la vigne dans la région de Vello, on observe qu'en principe la température, comme il a été dit ne constitue pas un obstacle à l'apparition du parasite au cours du mois d'avril. En ce qui concerne la maturité des oospores, il a été évalué, d'après les données expérimentales du Chapitre I, que la proportion probable d'oospores mûres dans la région examinée est supérieure à 25°/₀. Ce pourcentage, quoique peu élevé, suffit néanmoins pour déterminer une première invasion du parasite sur une grande échelle, pourvu que les autres facteurs soient favorables. Mais en ce qui concerne le facteur de la pluie, on ne saurait affirmer que la moyenne de quatre jours signalée en avril peut produire la longue imprégnation nécessaire des oospores. Ces pluies insuffisantes sont régulièrement suppléées tous les ans par l'eau des irrigations, grâce auxquelles il se produit un nombre considérable de taches, limitées, comme cela est naturel, aux sarments rampant ou approchés du sol. Rares sont les taches découvertes dans des vignes taillées et convenablement cultivées. Les premières taches qui apparaissent dans ces conditions dans la région de Vello ne sont pas en elles-mêmes dangereuses, si ce n'est qu'elles peuvent constituer les foyers d'une grave évolution de l'épidémie, lorsque des pluies survenant plus tard y concourent.

Si la faible fréquence des pluies ne met pas obstacle à l'infection primaire, elle n'en ralentit pas moins l'évolution de l'épidémie au

mois d'avril. Les ensemencements effectués à des intervalles espacés et, d'autres part, la longue durée d'incubation à cette époque de l'année, ralentissent l'évolution de la maladie. Le parasite se multiplie lentement au cours du mois d'avril, toujours sur des parties de la vigne gisant sur le sol ou près du sol, il «rampe» en quelque sorte, jusqu'à ce qu'il grimpe sur le cep, ce qui dans la région de Vello se fait vers la fin d'avril ou le commencement de mai.

Nous examinerons dans le chapitre suivant l'évolution ultérieure du parasite.

Dans la région de Patras, le pourcentage probable d'oospores mûres a été évalué jusqu'à 50%, ce qui sans doute suffit pour déclencher une manifestation massive de l'infection primaire. D'autre part, la moyenne de jours de pluie y a été de huit pour le mois d'avril, soit le double de la moyenne correspondante pour la région de Vello. Néanmoins, on n'y observe point d'infection primaire intense. Cela est dû, à notre avis, au fait que dans cette région il ne peut se produire au cours du mois d'avril un trempage d'oospores pendant plusieurs journées consécutives, sauf dans certains endroits. Les huit jours de pluie répartis au mois entier, sont probablement insuffisants pour le trempage des oospores, comme ils le seraient d'ailleurs même s'ils étaient signalés dans une seule et même décade notamment à une basse température. D'autre part, lorsque la température est élevée, l'assèchement du sol s'accélère et l'imprégnation des oospores est interrompue. Ajoutons enfin que la durée d'incubation des oospores, relativement longue dans cette région à la température de 14 et 15 °C, température moyenne des deux premières décades d'avril, ne favorise pas la multiplication rapide des foyers du parasite. Ainsi, après une période d'activité latente pendant le mois d'avril, ici aussi comme dans la région de Vello, l'épidémie du Mildiou de la vigne entre dans sa phase évolutive au mois de mai.

En vue d'étudier l'intensité de la contamination primaire dans les deux régions examinées, il a été tenu compte, d'une part du nombre probable d'oospores mûres et, d'autre part, des conditions climatiques moyennes. Il s'ensuit qu'il ne serait pas possible de déterminer rigoureusement la manifestation du phénomène durant les années où les conditions climatiques présenteraient un notable écart de la moyenne considérée.

II. INFECTIONS SECONDAIRES

Après l'apparition des taches de l'infection primaire, le Mildiou se multiplie par des conidies, en provoquant un nombre variable d'infections secondaires.

On examinera dans ce chapitre, d'une part les différents facteurs qui déterminent la naissance et l'importance des invasions du parasite dans les deux régions considérées et, d'autre part, la manière dont le parasite reprend son activité à l'automne, après l'intervalle de la sécheresse estivale.

A. FACTEURS DÉTERMINANT LA NAISSANCE DES INVASIONS PRINTANIÈRES ET ESTIVALES DU MILDIOU DE LA VIGNE

Nous examinerons ici en détail les données épidémiologiques suivantes : température, nombre de conidies, pluie, humidité relative, rosée et durée d'incubation.

1. Température

La température agit d'une part sur la naissance des conidies et d'autre part sur leur germination. Elle influence aussi, en troisième lieu et jusqu'à un certain point, la durée d'incubation.

Il est connu que les conidiophores ne se forment pas à une température inférieure à 13 °C (Ravaz 1914) ; par conséquent, tant que la température se maintient au-dessous de cette limite, il n'y a pas lieu de s'attendre à des invasions du parasite, faute de conidies. Dans la région de Vello, comme dans celle de Patras, la vigne commence à débourrer à une époque où, généralement, la température moyenne a déjà dépassé cette limite et par conséquent la fructification du parasite est assurée sauf de rares exceptions.

En ce qui concerne la germination des conidies, selon les différents auteurs, elle a lieu à la température minimum de 3-9 °C et maximum de 29-30 °C. La germination, qui est longue sous les conditions de basses températures, se réduit à 40-60 minutes à 24 °C. Il ressort de ce qui précède que les températures moyennes de la fin d'avril, de mai et du début de juin (Tableaux XXXIII et XXXVIII) sont extrêmement favorables pour la réalisation des contaminations rapides. La période précitée, notamment celle du mois de mai, doit donc être considérée, sous le rapport de la température, comme la plus critique pour l'évolution rapide du parasite. Notons, cependant, toujours d'a-

près les tableaux XXXIII et XXXVIII, que dans les deux régions examinées la température ne pourrait pas constituer un obstacle au développement du Mildiou, si ce n'est aux mois de juillet et d'août, durant lesquels la germination des conidies est entravée ou entièrement empêchée.

2. Nombre de conidies

Le rapport entre le nombre d'oospores formées l'année précédente et l'intensité de l'infection primaire aussi bien que des infections secondaires, a fait l'objet d'observations de plusieurs chercheurs. Quelques-uns d'entre eux ont soutenu que le nombre en question peut servir pour prévoir la gravité de l'épidémie de l'année subséquente. D'autres estiment, au contraire, que la gravité de l'épidémie dépend des foyers primaires et de la rapidité de leur extension.

Nous nous rangeons à cette dernière opinion. Ayant suivi de près l'épidémiologie du parasite depuis 1950, nous avons eu souvent l'occasion de constater, aussi bien dans la région de Vello que dans celle de Patras, que le rapport dont il s'agit n'existe point et que la gravité des épidémies, indépendamment du nombre des oospores, est surtout déterminée par la fréquence des pluies printanières. Ainsi, par exemple, en raison des pluies fréquentes tombées dans la région de Vello durant les mois de septembre, octobre et novembre de l'année 1951, le nombre d'oospores observé a été considérable. Néanmoins, aucune invasion du parasite ne fut signalée au printemps 1952, à cause de la sécheresse du mois d'avril et du commencement de mai. Par contre, en 1956, faute d'invasions du parasite au printemps et en été, très peu d'oospores furent formées en automne, bien que les chutes de pluies aient été considérables. L'épidémie du printemps 1957 a été néanmoins très grave, le parasite ayant réalisé dans l'espace d'un mois et demi cinq invasions, dont la dernière a particulièrement endommagé les grappes La gravité de l'épidémie a été déterminée par la période pluvieuse signalée du 14 au 19 avril et par les chutes de pluies durant le mois de mai.

On a bien pu observer une certaine corrélation entre la faible production d'oospores en automne de 1950, due à la sécheresse de cette saison, et l'absence de toute invasion au printemps 1951. Mais, dans ce cas aussi, l'absence de l'épidémie nous semble devoir être attribuée à la sécheresse relative de ce printemps.

Durant toutes les années qui ont fait l'objet de nos observations dans la région de Patras, le nombre des oospores a été considérable

en automne, et l'on sait que le pourcentage de leur maturité, déterminé par les pluies hivernales, est sensiblement élevé. Néanmoins, la gravité des épidémies du Mildiou de la vigne a dépendu du nombre de pluies printanières. Bref, dans l'une région comme dans l'autre, on ne saurait prévoir la gravité de l'épidémie en se basant seulement sur le nombre des oospores; nous avons formé la conviction que, si abondante que puisse être la production des oospores en automne, le parasite apparaitra au printemps sans qu'il soit possible de prévoir son développement ultérieur, lequel dépend des pluies d'avril et de mai.

Examinons maintenant la manière dont se multiplient les foyers primaires et le nombre des germes qui déterminent les invasions ultérieures du parasite.

En étudiant la naissance des invasions du Mildiou de la vigne, Zillig (1942) fait observer que lorsqu'il s'agit d'un petit nombre d'oospores, trois ou quatre invasions successives sont nécessaires pour une invasion massive du parasite. Baldacci (1947) partage cette opinion. Nous avons eu aussi l'occasion de vérifier l'exactitude de cette observation dans les deux régions que nous avons examinées. Ici nous mentionnerons les observations faites dans la région de Vello, où il a été constaté que le nombre précité d'invasions est nécessaire pour rendre le parasite dangereux. Ainsi, par exemple, en 1950, les infections primaires ont eu lieu durant la période pluvieuse entre le 3 et le 9 avril. Plus tard, les pluies du 3, du 5 et du 6 mai ont favorisé trois invasions peu importantes et, finalement, une quatrième, celle du 13 mai, qui fut massive et très préjudiciable. Le Mildiou de la vigne n'a pas fait d'apparition en 1951 ni en 1952 dans la région de Vello. En 1956 on n'y a signalé qu'une seule invasion, qui s'est manifestée avec un nombre insignifiant de taches. En 1957 les contaminations primaires ont eu lieu durant la période pluvieuse entre le 14 et le 19 avril; vinrent ensuite deux ou trois faibles invasions dans la première décade du mois de mai et, finalement, le 21 de ce mois, le parasite envahit massivement les vignes. Nous observons aussi dans ce cas que la quatrième invasion a été générale et dangereuse. Ce phénomène se reproduit en 1958. L'infection primaire du parasite est produite à la suite des pluies de la fin de mars et de l'irrigation pratiquée au début d'avril. Survient, après les pluies du 10, du 12 et du 14 avril, une deuxième série d'infections primaires, suivie des invasions secondaires de la période pluvieuse du 18-23 avril, ainsi que de la deuxième série des invasions du 26 et du 27 du même mois, qui attaquent un certain nombre de feuilles et de grappes, et enfin l'épidémie prend l'ampleur

d'une invasion massive après les pluies du 21 mai. En 1959 les infections primaires ont été observées dans la deuxième décade d'avril. Les premières infections secondaires ont lieu à la suite des pluies des 22, 23. 24 et 26 avril et sont suivies d'une deuxième contamination secondaire le 4 mai. Suit enfin la troisième contamination du 15 et du 16 mai, qui se manifeste très intense aussi bien sur les feuilles que sur les grappes.

On voit, d'après ce qui précède, que le parasite, ne peut se montrer subitement dangereux pour la vigne. Il lui faut passer par une série d'invasions successives pour se multiplier suffisamment avant de la menacer, et cela implique pour la région de Vello et sous des conditions favorables à son développement, au moins deux ou trois invasions après la manifestation de l'infection primaire.

Les observations faites dans la région de Patras conduisent aux mêmes conclusions.

3. Pluie

L'eau étant indispensable à la germination des conidies du Mildiou, la pluie est un facteur essentiel à la réalisation de la contamination.

On sait que à 18-21 °C les feuilles doivent être mouillées pendant une heure et demie pour que la contamination se produise (Ravaz 1914). Baldacci (1954) a confirmé cette observation en obtenant à 22 °C la contamination de 22,2% des feuilles, dans l'espace d'une heure et dix minutes. Par conséquent, les pluies de plus brève durée, indépendamment de leur hauteur, sont fort peu redoutables pour la réalisation d'invasions massives, notamment lorsqu'elles sont accompagnées de vent ou d'insolation, comme c'est souvent le cas des pluies orageuses de mai et de juin en Grèce. Par contre, les pluies de longue durée, favorisent les contaminations, généralisent les invasions et les rendent particulièrement dangereuses, surtout quand elles sont accompagnées de vent et suivies de temps couvert, et qu'elles surviennent à des températures relativement hautes et à des moments où les conidies nouvelles qui se trouvent dans le vignoble sont en grand nombre.

En examinant un peu plus haut les circonstances dans lesquelles les épidémies se développent, nous avons abouti à la conclusion que deux ou trois invasions du parasite doivent se succéder avant que l'épidémie entre dans la phase aiguë de son évolution.

Nous aborderons maintenant la question de savoir dans quelle mesure la répartition de pluies pendant les mois d'avril, de mai et de juin

favorise l'évolution des épidémies dans les deux régions considérées. Il ressort du tableau XXXV que, dans la région de Vello, il est rare d'observer en avril des pluies ou des périodes de pluie capables d'assurer les deux ou trois contaminations préparatoires qui précèdent les invasions dangereuses du parasite. Nous ne tenons pas compte ici, évidemment, de toutes les pluies du mois, mais seulement des pluies ou des brèves périodes de pluie, observées à des intervalles de 8-10 jours l'une de l'autre, au cours de la première et de la deuxième décade du mois et à des intervales de cinq jours environ de sa troisième décade. Sur les données d'une douzaine d'années, c'est seulement en 1958 que la troisième génération du parasite apparut avec quelque gravité vers la fin du mois d'avril. On peut donc sans hésiter qualifier le mois d'avril de mois «préparatoire» de l'épidémie du Mildiou. Le parasite se développe par places, presque inaperçu et presque sans comporter de dangers pour la vigne, et gagne, par des ensemencements espacés, le mois de mai. Dans ces conditions, si des pluies surviennent dans la première, la deuxième et la troisième décade du mois de mai, il s'ensuivra la 3e, la 4e, la 5e et peut-être la 6e invasion, et le parasite menacera gravement la vigne. Une épidémie du parasite ne peut donc devenir dangereuse que si elle est préparée par les pluies d'avril et suivie par les pluies de mai. Si le mois d'avril a été sec, il faudra qu'il y ait beaucoup de pluies au mois de mai pour que l'épidémie soit sévère, mais le mois de mai n'est jamais assez pluvieux pour produire ou favoriser à lui seul la naissance et le développement de l'épidémie. Le tableau XXXV nous montre que les conditions d'une épidémie normale du parasite ne sont remplies que pendant les années 1953, 1954, 1957 et 1958. Sur les douze années considérées, quatre seulement sont donc des années dangereuses sous le rapport de l'épidémie. Si, inversement, avril a été pluvieux et mai complètement sec, l'évolution de l'épidémie sera interrompue et ne comportera plus de danger. Notons, toutefois, que dans ce cas une seule pluie survenant au mois de mai, pourvu qu'elle soit d'une durée suffisante, aura de graves conséquences pour la vigne. En 1958, après la dernière pluie du 27 avril, qui fut un mois particulièrement pluvieux, la pluie suivante est tombée le 21 mai. Elle eut pour effet qu'une vigne restée sans traitement et qui n'avait présenté qu'un nombre restreint de taches lors des contaminations du 26 et du 27 avril, a présenté un taux très élevé de feuilles et de grappes attaquées. La seule année qui, dans le courant des douze années considérées, pourrait réunir les conditions d'une épidémie très grave, c'est l'année 1953

qui présente, d'après le tableau XXXV, une grande pluviosité depuis la deuxième décade d'avril jusqu'à la troisième de juin. Nous n'avons pas eu la possibilité de suivre de près l'évolution de cette épidémie, mais nous savons par les renseignements que nous avons réunies qu'elle a été en effet extrêmement intense.

Pour ce qui concerne les pluies de mai, alors qu'on en signale dans sa première et dans sa deuxième décade, la troisième est généralement une période de sécheresse. Comme on peut le voir au tableau XXXV, quatre seulement sur les douze années considérées ont donné des pluies dans la dernière décade du mois de mai. Cette faible fréquence de pluies se poursuit jusqu'au mois de juin, à partir duquel on entre dans la sécheresse de l'été, où le développement du parasite s'interrompt, sauf dans des cas exceptionnels.

L'analyse détaillée qui précède démontre que, du point de vue de la pluie, seul le mois de mai peut être considéré comme critique dans la région de Vello.

Pour la région de Patras, comme cela ressort du tableau XL, la chute de pluie pendant le mois d'avril est plus abondante que dans la région de Vello; il s'ensuit que la période préparatoire de l'épidémie y est assurée tous les ans. Souvent, si la vigne débourre précocement, le cycle des deux ou trois générations requises après l'infection primaire peut être complété dans le courant du mois d'avril. Quoi qu'il en soit, ici aussi, les invasions dangereuses du parasite s'accomplissent en mai. L'épidémie peut devenir menaçante dès le commencement de ce mois, dont les pluies ont généralement une fréquence suffisante qui se prolonge dans cette région jusqu'à la première décade de juin. Par conséquent, la période critique, qui est ici plus longue que celle de la région de Vello, se situe entre la troisième décade d'avril et la première décade de juin, inclusivement.

4. Humidité relative et formation des conidies

L'influence de l'humidité relative de l'atmosphère sur l'évolution des invasions du Mildiou de la vigne est considérable, du fait que l'humidité combinée avec la température détermine l'apparition des conidiophores et, par conséquent, la naissance de nouvelles conidies.

Le minimum d'humidité relative, nécessaire pour l'apparition des conidiophores, a été étudié par plusieurs chercheurs. D'après les observations de Ravaz (1914), les conidiophores apparaissent, surtout, à une humidité relative supérieure à 90 %. Ce minimum peut osciller pour certaines variétés de vigne entre 75 et 85 %, selon Arens (1929),

ou entre 80 et 83 % d'après Müller et Sleumer (1934). Lorsque l'état hygrométrique de l'air se trouve entre 80 et 90 %, d'après les mêmes auteurs l'apparition des conidiophores est rare, l'optimum étant situé à 95 %. Enfin, d'après Savulescu et ses collaborateurs (1957), l'humidité relative requise pour la formation des conidiophores doit être supérieure à 84 % et doit durer de 4 à 13 heures.

Au cours des inoculations artificielles pratiquées en plein air pendant deux années consécutives, nous avons eu l'occasion de constater que l'apparition des conidiophores a lieu quand l'humidité relative se maintient au-dessus de 85 %, pendant au moins quatre heures, à partir de minuit. Parfois le phénomène se produit à 83-85 % d'humidité relative et très rarement à 80-85 %. Au-dessous de cette dernière limite on n'a jamais signalé de conidiophores. Ces observations s'accordent entièrement avec les données obtenues par les auteurs précités.

Un état hygrométrique de cette nature n'est pas un phénomène aussi habituel qu'on aurait pu le croire, ni dans la région de Vello, réputée très humide, ni dans celle de Patras où les chutes de pluie sont fréquentes. Le tableau XXXVII indique que dans la première de ces deux régions on a enregistré en mai 1957 treize nuits où l'humidité relative a dépassé 85 % pendant les quatre premières heures après minuit. Le nombre correspondant des jours de pluie y a été de huit. Au cours du même mois de l'année 1958, le nombre des jours de pluie a été de deux et celui des nuits où l'état hygrométrique présentait les conditions précitées, de huit. Il se dégage de ces observations que, abstraction faite des jours de pluie qui élèvent le taux de l'humidité relative de l'atmosphère, il ne reste qu'un très petit nombre de jours où cette humidité atteint le niveau favorable au développement des conidiophores, tout au moins en ce qui concerne les deux années que couvrent nos observations. Ces jours supplémentaires précèdent ou suivent d'habitude les jours de pluie.

On peut conclure de ce qui précède que le principal facteur réglant l'évolution du parasite est toujours la pluie, avec l'état hygrométrique qu'elle détermine. La réalisation d'humidité relative élevée non accompagnée de pluie semble être un phénomène plutôt rare, du moins pour certains mois. En effet, si pour ce qui concerne le mois de mai le nombre de jours d'humidité relative supérieure à 85 % peut être considéré comme plus ou moins suffisant pour entretenir ou pour multiplier dangereusement le parasite, les mois de juin, juillet et août n'ont que peu de nuits favorables au développement des

conidiophores, de sorte que l'évolution de la maladie s'interrompt entièrement au cours de la période estivale. Par conséquent, de même que la pluie, l'humidité relative détermine, elle aussi, dans la région de Vello, le mois de mai comme le mois critique pour l'expansion du parasite.

Le tableau XLII indique pour la région de Patras, en avril 1958, onze jours de pluie contre onze jours de haute humidité relative; en mai et en juin de la même année, respectivement, deux et un jours de pluie contre treize et huit jours d'humidité relative, supérieure à 85 % pendant quatre heures la nuit. On voit que l'état hygrométrique de l'atmosphère apparaît ici plus favorable que dans la région de Vello à l'évolution épidémiologique du Mildiou de la vigne. C'est à cause des pluies plus fréquentes dans cette région. Outre avril et mai, qui ont eu respectivement dix et onze jours de haute humidité relative, juin en a aussi compté huit. Par conséquent, au point de vue de l'humidité relative, la période critique pour l'expansion du parasite se prolonge, comme au point de vue de la pluie, jusqu'au mois de juin. Par la suite, de juin à l'automne, les deux facteurs de la pluie et de l'humidité relative font obstacle à l'évolution de l'épidémie.

Nous avons déjà signalé que l'humidité relative agit non seulement sur la formation des conidies mais encore sur leur vitalité. Plus précisément: pour conserver pendant 6-8 jours leur pouvoir germinatif, notamment leur pouvoir de rapide germination, les conidies doivent vivre dans une atmosphère saturée, à une température inférieure à 25 °C. Or, ces conditions ne peuvent jamais se réaliser pour un si long intervalle au cours des mois de printemps, pas plus dans l'une région que dans l'autre. Il s'ensuit que les conidies des taches anciennes ne sont pas à craindre dans les épidémies du parasite. En revanche, des conidies à peine apparues en avril ou dans les premiers vingt jours de mai, quand la température moyenne est encore inférieure à 20 °C, peuvent conserver pendant quelques jours leur pouvoir de rapide germination dans une atmosphère non saturée mais assez humide; cependant, le phénomène ne peut pas se produire postérieusement au 20 mai et dans le courant de juin.

A la suite des constatations qui précèdent, il serait nécessaire d'expliquer les invasions survenant en mai et en juin, toutes les fois qu'un grand intervalle sépare deux pluies successives. Cette explication nous sera fournie par le cas de l'invasion massive survenue le 21 mai 1958 dans la région de Vello, à la suite de la pluie survenue ce même jour, vingt-quatre jours après la pluie précédente du 26 et

du 27 avril. Les taches produites à la suite de cette dernière invasion apparurent dans la première décade de mai. Du 1er au 20 de ce mois, l'humidité relative n'a été que pendant six jours favorable à l'apparition des conidiophores, à savoir le 4, 5, 15, 18, 19 et 20 mai. Par conséquent, les taches qui s'étaient conservées, soit sous forme de taches d'huile soit comme taches ayant déjà fructifié, ont été couvertes de conidiophores entre le 18 et le 20 mai. En raison de la nébulosité qui a régné dans l'intervalle du 19 au 21 mai et de la basse température moyenne qui était inférieure à 20 °C, les conidies ont conservé leur vitalité jusqu'au jour de la contamination.

En conclusion de tout ce qui vient d'être exposé nous noterons que l'humidité relative favorable à l'apparition des conidiophores, sans être amplement suffisante durant les mois de printemps, peut néanmoins fournir les conditions d'une évolution, parfois normal, parfois dangereuse, du parasite, pour ce qui concerne la région de Vello en avril et en mai, et pour ce qui concerne la région de Patras en avril, mai et juin.

5. Rosée

On voit dans les tableaux XXXVI et XLI que le phénomène de la rosée se laisse observer durant les mois de printemps et d'été très fréquemment dans la région de Vello et presque tous les jours dans la région de Patras. On pourrait de ce fait s'attendre à de fréquentes invasions dues à l'eau de la rosée. Cependant, sans pouvoir exclure entièrement certaines contaminations, nous n'avons pas eu l'occasion d'enregistrer, au cours des nombreuses années de nos observations, des invasions qui pourraient être attribuées à la rosée. En voici les raisons à notre avis:

En principe, la rosée produite n'est pas toujours abondante; elle se limite d'ailleurs à la végétation proche du sol et touche beaucoup moins les ceps de plus d'un mètre de haut. Cette constatation a été confirmée expérimentalement au moyen d'un appareil enregistreur de Hiltner. Deux appareils de ce type ont été installés, l'un dans la vigne de l'École Agricole de Vello, l'autre dans la vigne de la Station Phytopathologique de Patras. Le premier a été réglé à 60 cm. du sol et, le deuxième à 75 cm. Les observations ont commencé à partir du 1er avril 1959 et se sont poursuivies jusqu'au 31 août. Durant toute cette période on n'a jamais enregistré de rosée aux susdites distances du sol, pas plus dans l'une région que dans l'autre. Cela confirme ce qui avait été déjà supposé, à savoir que pendant le prin-

temps et l'été la rosée ne se pose pas sur les feuilles des sarments qui parfois se trouvent à plus d'un mètre du sol.

D'autre part, la rosée formée sur des feuilles de sarments à proximité du sol se vaporise rapidement au matin, sans donner le temps aux conidies de germer ni au parasite de s'installer dans la feuille. Cette observation est valable uniquement pour le mois d'avril et pour les vingt premiers jours de mai environ, quand la température est encore basse aux heures matinales. Plus tard, la température est assez élevée pour favoriser la contamination des feuilles en très peu de temps.

Toujours est-il que, même dans ce dernier cas, l'absence de conidies actives entraîne l'absence d'invasions du parasite. Pour que la contamination se produise, la rosée formée sur les feuilles doit y trouver des conidies. Si celles-ci y ont été apportées dans la journée précédente, elles ont certainement perdu leur faculté germinative; on sait en effet que, sous le soleil, elles ne peuvent survivre plus de quelques minutes ou d'une heure. La contamination ne peut donc pas se produire dans ce cas, à moins que les conidies ne soient formées que depuis seulement quelques jours et qu'elles aient été transportées par des vents durant la nuit.

En conclusion, il semble que plusieurs facteurs doivent concourir pour qu'une invasion du parasite soit provoquée par l'eau de la rosée; or, ce concours de circonstances ne paraît pas se réaliser assez fréquemment pour qu'il faille tenir compte de la rosée dans la naissance des épidémies, notamment dans la région de Vello.

6. Durée d'incubation

La durée d'incubation, en tant que facteur épidémiologique, exerce une influence considérable sur la vitesse du développement des épidémies. Si cette durée est brève, le parasite peut se multiplier en très peut de temps, au point de menacer très sérieusement la vigne.

D'après les facteurs épidémiologiques examinés ci-dessus, il a été constaté que, dans la région de Vello, le mois critique sous le rapport des invasions du Mildiou est le mois de mai. Pour ce qui concerne la région de Patras, la période critique s'étend jusqu'à la 1ère décade de juin.

Le tableau XIII indique que, dans la région de Vello pendant la 1ère et la 2ème décade d'avril et dans la région de Patras pendant le mois d'avril tout entier, la durée d'incubation est de 9 à 10 jours. Nous entendons ici comme durée d'incubation le temps qui s'écoule à partir de l'infection jusqu'à l'apparition des conidies. Cette durée

ralentit le développement de l'épidémie pendant les vingt premiers jours d'avril dans la région de Vello et pendant tout le mois d'avril dans la région de Patras. Mais à partir de la 3ème décade d'avril et du début de mai, respectivement dans les deux régions précitées, la durée d'incubation se limite à 5-6 jours, pour se réduire plus tard à quatre jours et demi, jusqu'à la fin de juin. Cette brève durée d'incubation peut occasionner durant les mois printaniers considérés comme critiques, si le facteur de la pluie y contribue aussi, une série d'invasions du parasite généralisant l'épidémie et la rendant à brève échéance très sérieuse.

B. NAISSANCE DES INVASIONS AUTOMNALES

L'examen des tableaux XXXV et XL fait ressortir qu'entre le printemps et l'automne il s'intercale une période de sécheresse absolue, s'étendant d'ordinaire à deux mois jusqu'à deux mois et demi et se prolongeant parfois jusqu'à trois mois et au-delà. Le manque total de pluie combiné à la température élevée et à l'humidité relative très basse de l'été interrompt entièrement l'évolution du Mildiou jusqu'à l'automne, époque à laquelle le parasite reprend son activité précédente.

Étant donné que la faculté germinative des conidies ne se conserve que pendant quelques jours, même lorsqu'on leur assure les conditions nécessaires d'atmosphère saturée et de basse température, il se produit pendant la longue période de l'été en Grèce une solution de continuité empêchant de rattacher, au moyen de conidies anciennes, les invasions automnales aux invasions printanières. Il y a donc lieu d'examiner le mode de réapparition du parasite à la fin d'été.

Trois probabilités peuvent se présenter, assurant la reprise de l'épidémie au cours des mois d'automne:

1. Production de conidies sur les anciennes taches du printemps et du début de l'été.

2. Germination d'oospores n'ayant pas germé au printemps.

3. Transport de conidies provenant de régions du nord et de l'ouest du pays, où le parasite trouve sans doute des conditions lui permettant de se développer même pendant l'été.

Nous sommes portés à croire que le premier mode constitue la règle pour les années où le parasite réalise au printemps un certain nombre d'invasions et où l'on compte, par conséquent, un certain nombre de feuilles contaminées. Sur les taches des feuilles ainsi contaminées, soit qu'il s'agisse de taches ayant déjà fructifié soit de taches

stériles apparues au début de l'été et restées sous forme de taches d'huile, on observe en automne de nouvelles conidies du parasite, qui occasionnent de nouvelles invasions

On sait que le mycelium du champignon reste vivant sur le pourtour des taches ayant déjà fructifié et à l'intérieur des taches d'huile et qu'il conserve le pouvoir de reprendre son activité, si les conditions atmosphériques s'y prêtent. On sait également que les taches d'huile peuvent rester stériles pendant 40 jours environ (Müller et Sleumer 1934, Istwánfi et Pálinkás 1913), ou pendant 17 jours (Baldacci 1947), sans perdre leur faculté de produire des conidiophores. Par ailleurs, nous avons nous-mêmes observé souvent, au cours des inoculations artificielles de l'été, des taches d'huile restant stériles plus de vingt jours après leur apparition.

Cependant, dans le cas dont il s'agit, la question qui se pose consiste à savoir dans quelle mesure les dites taches, après avoir subi pendant les 2,5 — 3 mois intercalés l'influence de la sécheresse continue et, surtout celle des hautes températures et de l'insolation d'été, conservent la faculté de reproduire le champignon.

Pour répondre à ces questions, nous avons fait les expériences suivantes:

Durant tout le mois de mai, á Kiphissia nous avons procédé à la contamination de plusieurs feuilles des vignes cultivées en pot. De cette façon nous avons obtenu un grand nombre de taches, dont quelques-unes ont immédiatement donné des conidiophores, tandis que d'autres, notamment celles qui provenaient d'inoculations faites dans la dernière décade de mai, sont restées à l'état de taches d'huile. Ces dernières se sont conservées pendant tout l'été en plein air et dans un endroit ensoleillé. En cas de temps nuageux présageant la pluie, on prenait soin de transporter au laboratoire les ceps inoculés afin d'éviter la formation de conidiophores dans le cas où l'humidité viendrait à augmenter, à cause de la pluie eventuelle.

A partir du 15 juin, tous les quinze jours, on prélevait quelques feuilles portant des taches d'huile qu'on les plaçait dans une chambre humide, afin d'observer si elles avaient gardé la faculté de produire des conidiophores.

Il se dégage des résultats de cette expérience, figurant au tableau XLIV, que les taches d'huile ont conservé la faculté de produire des conidiophores pendant au moins trois mois et demi. En général, au cours de la période entière du 1er juillet au 31 août 1958, la température maximum a fluctué entre 29 et 44 °C. Il est à noter qu'entre le

21 et le 26 août il s'intercale une période de chaleurs caniculaires, durant laquelle la température maximum à l'ombre, enregistrée dans la cage météorologique à proximité des vignes a oscillé entre 40 et 44° C. La température au soleil étant de beaucoup supérieure, il s'ensuit que des maximums dépassant 44° C n'ont été aucunement nuisibles au champignon et ne l'ont pas empêché de se reproduire. Gaümann (1950) rapporte à ce sujet que le champignon exposé à une température supérieure à 43° C au maximum, reprend son développement aussitôt que la température favorable se rétablit, ce qui est confirmé par l'expérience précitée.

TABLEAU XLIV

Durée de temps pendant laquelle les taches d'huile conservent la faculté de produire des conidiophores.

Date d'apparition des taches	Date de la mise en chambre humide	Apparition des conidiophores	Température maximum
Du 20 mai au 1er juin	15 juin	+	Entre 29 et 44° C
	1 juillet	+	
	15 »	+	
	1 août	+	
	15 »	+	
	1 septembre	+	
	15 »	+	

+ indique la production de conidiophores.

Outre les taches d'huile, celles qui ont été couvertes de conidiophores au cours du mois de mai ont aussi conservé le pouvoir de former de nouvelles conidies jusqu'en septembre, inclusivement. C'est ainsi que les taches apparues le 6 et le 19 mai, ayant respectivement fructifié le 9 et le 22 du même mois, ont redonné des conidiophores le 11 septembre. Ceux-ci apparurent aux bords des taches, où le mycélium se conserve en état latent sans subir l'influence des conditions estivales, comme d'ailleurs c'est le cas des taches d'huile.

On peut conclure de ce qui précède que l'épidémie du printemps,

suspendue durant l'été, repart des mêmes points en automne, à l'aide des pluies de la saison.

La fréquence des pluies détermine aussi le nombre d'invasions, qui se poursuivent jusqu'au mois de novembre sans aucune action inhibitrice du facteur de la température, laquelle se maintient à un degré suffisamment élevé jusqu'à la 1ère décade de novembre, dans les deux régions considérées.

Alors que dans la région de Patras le Mildiou apparaît tous les ans, au contraire dans la région de Vello, entre les « années de Mildiou » il s'intercale quelques unes où le parasite n'apparaît point ou ne fait que des invasions insignifiantes, au point de passer complètement inaperçu. Telles furent les années 1951, 1952 et 1956. Dès lors on se demande comment il se fait que le parasite se perpétue à à travers ces années.

D'après Sarejanni (1954), si les oospores qui pour des raisons diverses n'ont pas germé au printemps pouvaient germer en masse en automne, la naissance des invasions automnales serait facilement explicable. Cette hypothèse doit retenir l'attention. Les recherches précédemment mentionnées sur la maturation et la germination des oospores ont démontré que le pourcentage des oospores capables de germer, est approximativement proportionnel à la fréquence des trempages, de sorte que les trempages quotidiens, ou presque, rendent toutes les oospores, dans l'espace de deux mois, aptes à la germination. Il n'en est pas de même si le nombre des imprégnations diminue. Dans ce cas, le nombre d'oospores en état de maturité se réduit proportionnellement. En principe, comme il a été démontré, les oospores complètement mûres qui n'ont pas trouvé des conditions favorables de germination perdent peu à peu leur pouvoir germinatif. Mais, sous les conditions de pluviosité qui règnent habituellement dans les deux régions considérées, un grand nombre d'oospores n'arrivent pas à maturité, faute d'imprégnations suffisantes. Si le nombre des trempages nécessaires est complété par les pluies nombreuses et fréquentes de l'automne, il est fort possible qu'un certain nombre d'oospores germant deviennent le point de départ des invasions automnales.

En vue de vérifier la justesse de cette ordre d'idées nous avons à plusieurs reprises, mis en germination, des oospores ayant hiverné et passé l'été en plein air, après avoir préalablement reçu une partie des pluies automnales. Ces oospores n'ont jamais produit de macroconidies. Nous citerons parmi les nombreuses expériences faites à ce

sujet, celle de l'année 1959. Trente fragments de feuille de vigne pleins d'oospores furent placés le 5 janvier en plein air, dans un pot rempli de terre, à un cm. de la surface du pot; elles ont ainsi reçu toutes les précipitations de l'hiver, du printemps et de l'été, jusqu'au 15 septembre. Leur faculté à germer fut minime au printemps, et le nombre de macroconidies obtenues, insignifiant. Le fait s'explique par les pluies peu nombreuses et inégalement réparties de janvier jusqu'à mai: 11 jours de pluie en janvier, 5 en février, 4 en mars, 6 en avril et 4 en mai, qui correspondent en mm. à 30,8, 8,5, 8,7, 18,6, et 21,5 respectivement. A partir du 15 septembre, après que la sécheresse estivale fut passée, les oospores furent soumises à des trempages quotidiens. Le 5 octobre, soit vingt jours après le premier trempage, eut lieu la première mise en germination, répétée le 20 et le 27 du même mois ainsi que le 10 novembre. Dans aucun de ces cas nous n'avons observé de germination d'oospores. Il est donc vraisemblable que les oospores non mûres ou à moitié mûres subissent, tout comme les oospores mûres, l'action destructive de la sécheresse des mois d'été.

La troisième manière dont les invasions automnales pourraient se produire implique le transfert de conidies vivantes, provenant de régions où le parasite a conservé pendant l'été une allure épidémique. On ne saurait mettre en doute que les conidies peuvent être transportées par le vent. L'extrême rapidité avec laquelle le parasite s'est répandu à travers l'Europe dans les trois ans qui suivirent son apparition, ne laisse pas à ce propos de marge à contestation. Examinons donc plutôt sous quelles conditions ce transfert pourrait s'accomplir dans notre pays. Ce point n'a pas fait l'objet de recherches particulières; les réflexions qui suivent constituent par conséquent une interprétation fondée sur une hypothèse.

Il a été constaté plus haut qu'en principe les conidies peuvent conserver leur pouvoir germinatif pendant 6-8 jours, sous des conditions d'atmosphère saturée et de température inférieure à 23 °C. Y a-t-il en Grèce des périodes d'atmosphère saturée assez longues pour assurer le transport des conidies? Abstraction faite des mois d'hiver qui ne touchent pas notre sujet, ces conditions ne se réalisent ordinairement chez nous que vers la fin de septembre ou le début d'octobre, durant la période dite «des premières pluies». Cette période, d'une durée de dix jours approximativement, est caractérisée par des pluies continues ou séparées par de brefs intervalles, accompagnées d'une baisse de température, d'une humidité relative très élevée et, généralement, de vents du nord. Les conidies transportées durant cette

période par des vents d'une vitesse moyenne de 2 m/s – telle est la vitesse des vents en Macédoine pendant les mois de septembre et d'octobre (Kyriazopoulos 1939) – pourraient parcourir 700 km. dans quatre jours environ. A ce propos, Schrödter (1954) rapporte que les conidies du champignon *P. infestans* peuvent se disperser en quelques heures à une distance de plus de 100 km., sous des conditions de vents forts et de pluie. On voit donc que, pour le transport de conidies actives, du nord et du nord ouest au centre et au sud du pays, les conditions requises existent virtuellement. Certes, un grand nombre des conidies déplacées seraient détruites en route; d'autres, faute peut-être de trouver dans les vignes où elles tombent des conditions favorables à leur germination immédiate, seraient également détruites; quoi qu'il en soit, ce mode de transport, en automne, ne devrait pas être exclu a priori, sans investigation.

CHAPITRE VII

ÉPIDÉMIES DU MILDIOU DE LA VIGNE

L'évolution des épidémies du Mildiou de la vigne dans les deux régions considérées a fait l'objet de recherches et d'observations au cours d'une série d'années. Dans la région de Vello le développement du parasite a été étudié pendant les années 1950, 1951, 1952, 1956, 1957, 1958 et 1959, et dans la région de Patras en 1951, 1952, 1956, 1957 et 1958.

Les données obtenues dans une période de cinq ou sept ans, bien qu'elles ne suffisent pas pour ramener les manifestations du parasite à des lois immuables, permettent néanmoins de saisir l'évolution habituelle du parasite et à l'aide des résultats expérimentaux, dont nous disposons, de lutter contre lui d'une façon efficace et rationnelle.

I. ÉPIDÉMIES DANS LA RÉGION DE VELLO

Invasions de l'année 1950.

Les observations faites au laboratoire révélaient que les oospores prélevées dans la nature étaient mûres dès la fin de mars. Dans la 2e décade d'avril, les oospores germaient rapidement et en grand nombre, à quoi contribuaient aussi les trempages abondants et continus, à la suite des pluies tombées dans la 3e décade de mars et la 1ère d'avril. D'après les données expérimentales précitées, un grand nombre d'oospores aurait dû germer en plein air durant cette même période, car les conditions de température étaient assez satisfaisantes. En effet, la température a fluctué dans la 3e décade de mars entre 7 et 14° C, avec une moyenne de 9° C, et dans la 1ère décade d'avril entre 9,4 et 16,5° C, avec une moyenne de 12° C. Néanmoins, le débourrement de la vigne a été en retard, réalisé après le 8 avril. Par conséquent, l'in-

fection primaire n'a eu lieu que dans la 2e décade d'avril, et encore à l'aide d'irrigations, car, du 9 avril à la fin du même mois, il n'y eut point de pluie. Ce qui confirme la susdite assertion, c'est que dans la 3e décade d'avril on a décelé le parasite sur un sarment rampant, dans la cour d'une ferme, à un endroit fréquemment imbibé par l'eau d'une fontaine.

Dans les premiers jours de mai la vigne n'est pas encore envahie par le parasite, sauf les foyers invisibles des infections primaires. L'épidémie éclate dans la vigne, avec les pluies de la 1ère décade de mai (Fig. 10). La pluie du 3 mai d'une quantité de 4 mm. a été, semble-t-il,

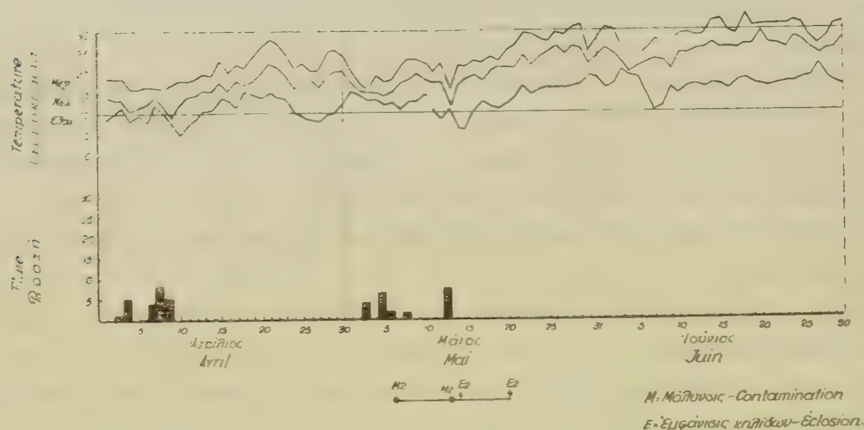


Fig. 10. Invasions de Mildiou dans la région de Vello en 1950.

préparatoire, ayant occasionné la naissance de conidies nouvelles sur les taches des infections primaires. Les pluies continues du 5 et du 6 mai, dont la hauteur atteignit au total 8,5 mm., accompagnées d'ailleurs d'un vent plutôt fort, ont déterminé les premières infections secondaires. Les taches du parasite apparurent entre le 14 et le 16 mai, soit 8-10 jours plus tard. Cette première invasion s'est manifestée surtout sous forme de taches sur les feuilles. On a calculé que 3,5 feuilles sur cent portaient 1-3 taches. La pluie du 13 mai, d'une hauteur de 7,5 mm., provoqua de nouvelles contaminations. Les taches se sont manifestées entre le 20 et le 23 du même mois, soit 7-10 jours après la pluie. Cette deuxième invasion trouva la vigne dans le stade critique de préfloraison et attaqua non seulement les feuilles mais encore les grappes. La variété Phraoula a été la plus fortement attaquée, ayant eu en moyenne deux grappes détruites par cep.

La sécheresse qui suivit le 13 mai et qui se prolongea jusqu'au 5 septembre arrêta complètement jusqu'à l'automne le développement du parasite ; l'évolution automnale de l'épidémie fut sans conséquences pour la vigne.

Il s'ensuit que le parasite n'a fait en 1950 que deux invasions printanières, dans la 1ère et dans la 2e décade de mai.

Invasions de l'année 1951.

Les observations sur la maturité des oospores ont commencé à partir du 10 mars. Vers le 15 du même mois les oospores étaient arrivées à maturité et, sous les conditions favorables du laboratoire, leur germination se réalisait au bout de 5 à 7 jours. Généralement, les oospores présentaient une germination lente et un pouvoir germinatif sensiblement diminué. Nous croyons que ce phénomène était dû, non pas au nombre des trempages hivernals mais au fait qu'entre les pluies de février et celles de mars s'étaient intercalées de longues périodes de déshydratation des oospores. Le mois d'avril, extraordinairement sec dans l'année observée, aurait détruit un grand nombre d'oospores mûres, si les irrigations des vignes n'avaient empêché cette destruction. En effet, la durée de germination en avril fut réduite à 2-4 jours, ce qui montre que les oospores ont reçu les trempages nécessaires grâce à l'eau des irrigations, l'unique pluie de 3 mm. tombée le 23 avril n'ayant pu produire ce résultat (Fig. 11). Un certain nombre d'infections primaires ont dû s'accomplir de cette manière, mais elles n'ont pu se multiplier suffisamment à cause de la sécheresse d'avril. C'est ainsi que la pluie de 4,5 mm. tombée le 4 mai n'a pas suffi

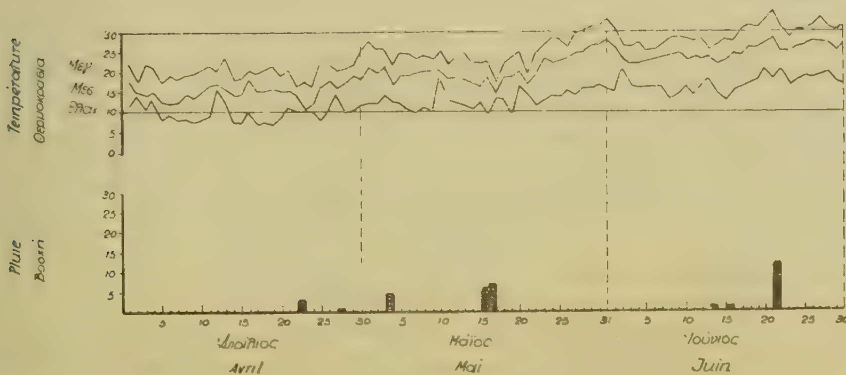


Fig. 11. Invasions de Mildiou dans la région de Vello en 1951.

pour provoquer l'invasion du parasite. Dans la vigne de l'École Agricole de Vello aussi bien que dans les vignes voisines nous n'avons pu observer des taches du parasite. Les pluies du 16 et du 17 mai ayant atteint au total une hauteur de 13 mm., quoique d'une durée et d'une abondance suffisantes, n'ont pas davantage provoqué d'invasions du Mildiou dans les vignes de la région.

La sécheresse qui suivit jusqu'au 22 juin, date à laquelle tomba une pluie de 12 mm., n'a pas donné au parasite la possibilité de se manifester et la sécheresse du reste de l'été arrêta complètement l'évolution de la maladie.

Les pluies qui reprirent le 9 septembre provoquèrent en octobre des invasions du parasite, sans compromettre aucunement les raisins de table non encore vendangés à cette époque.

Il ressort de ce qui précède que le Mildiou de la vigne ne s'est point manifesté au printemps de l'année 1951 dans la région de Vello, et cela confirme les conclusions précédemment exposées, d'après lesquelles, si avril est sec, la maladie prend rarement les proportions d'une épidémie en mai, notamment quand ce dernier mois n'a pas eu que des pluies faibles et sporadiques.

Invasions de l'année 1952.

D'après les observations faites depuis la mi-mars jusqu'à mai, les oospores étaient dépourvues de leur pouvoir germinatif. Nous ne

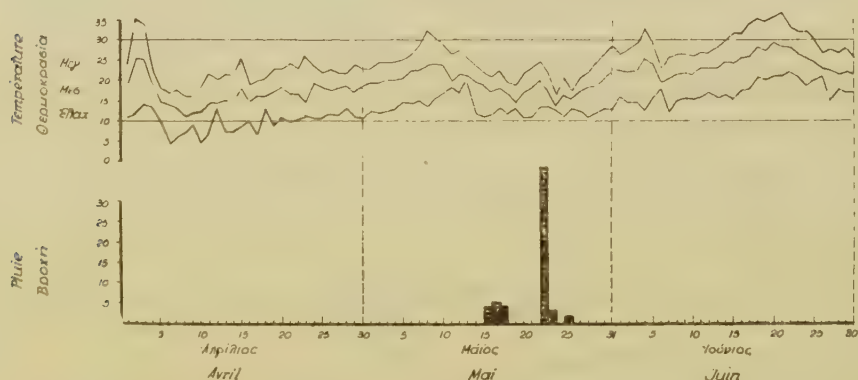


Fig. 12. Invasions de Mildiou dans la région de Vello en 1952.

connaissons pas les raisons qui ont pu empêcher la maturation des oopsores ; toujours est-il que, même si leur pouvoir germinatif était satisfaisant, la manifestation du Mildiou eût été faible et fort tardive,

parce qu'il n'avait pas plu durant tous le mois d'avril et que les premières pluies, au total de 13 mm., ne tombèrent que le 16, le 17 et le 18 mai (Fig. 12). Ces pluies n'ont pas provoqué d'invasions, pas plus que les pluies du 23, 24 et 26 du même mois.

La sécheresse qui suivit jusqu'au 22 septembre a complètement empêché toute manifestation de la maladie, qui finalement n'a pas fait d'apparition printanière en 1952.

Invasions de l'année 1956.

Les œufs, prélevés dans la nature, germaient au laboratoire au bout de 6 à 8 jours au début de mars.

Ce rythme ralenti de la germination se maintint pendant le mois d'avril. La température avait été défavorable à la germination des œufs en mars, mais en avril, dès la première décade, la moyenne était tout à fait suffisante; la pluie de 16 mm. tombée le 3 avril (Fig. 13)

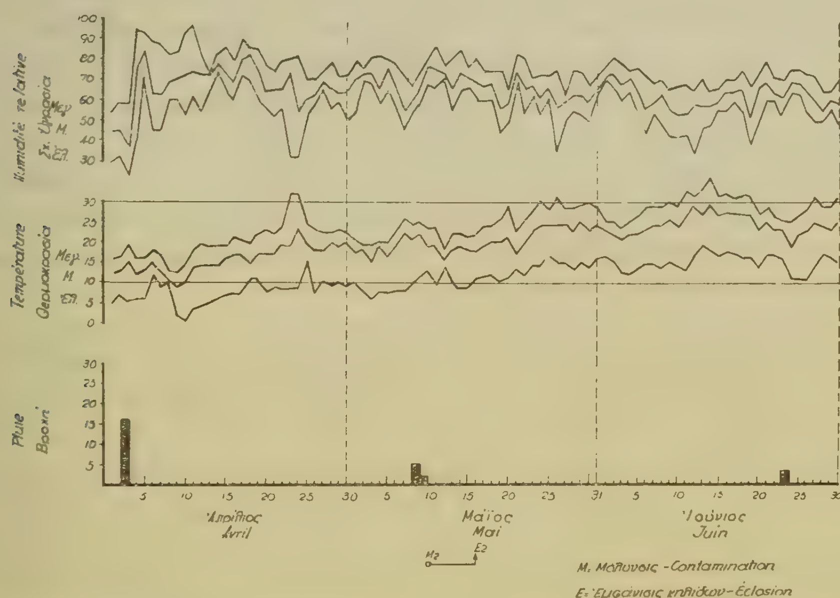


Fig. 13. Invasions de Mildiou dans la région de Vello en 1956.

a donc dû amener à germination un certain nombre d'oospores et la deuxième irrigation des vignes, pratiquée le même mois, a dû favoriser un certain nombre d'infections primaires. Quoi qu'il en soit, il ne pourrait s'agir que d'un nombre fort réduit d'infections primaires car la pluie survenue le 9 et le 10 mai, d'une hauteur totale de 7 mm,

n'a déterminé qu'une invasion à peine perceptible. C'est ainsi par example que, dans la vigne de l'École Agricole de Vello, qui s'étend sur dix stremmas [1], nous n'avons décelé que trois taches, qui auraient passé inaperçues sans une recherche minutieuse.

A la suite d'une sécheresse survenue jusqu'au 15 septembre, l'évolution de la maladie s'arrêta; le printemps 1956 ne fut ainsi marqué que par une seule invasion, tout à fait insignifiante d'ailleurs, du point de vue économique.

Invasions de l'année 1957.

Commencé dans les premiers jours de la 3e décade de mars, l'examen de la maturité des oospores a montré que celles-ci étaient déjà mûres à cette date et qu'elles témoignaient d'une faculté germinative très prononcée. Au laboratoire, la germination était obtenue dans l'espace de 4-5 jours en mars, et de 2-4 jours au début d'avril. Les oospores auraient pu germer dès la 3e décade de mars parce que la température était suffisamment élevée, mais la sécheresse survenue entre le 9 mars et le 9 avril les en empêcha. Les pluies signalées entre le 14 et le 19 avril, d'une hauteur totale de 43,5 mm., par une température moyenne de 12 à 18° C et minimum de 10° C, provoquèrent la germination des oospores et la contamination de la vigne, de sorte que vers la fin du mois les premiers foyers du parasite étaient installés (Fig. 14). Le phénomène a été constaté sur des sarments rampant le longs des canaux d'irrigation.

Les pluies du 6 et 7 mai, d'une hauteur de 14 mm. au total, ont déterminé la première invasion des contaminations secondaires. C'était encore une faible invasion; à peine pouvait-on en découvrir les taches dans les vignes de la région. Les pluies du 9, 10 et 11 du même mois provoquèrent une deuxième invasion de contaminations secondaires. Les conidies qui déterminèrent cette deuxième invasion provenaient des foyers primaires, car les conidies de la première invasion n'étaient pas encore apparues le 9 mai. A la date du 16 mai, les taches de la première invasion aussi bien que de la deuxième étaient assez nombreuses pour inquiéter les vignerons. Les pluies du 17, 18 et 19 mai, d'une hauteur totale de 1,5 mm. n'ont pas suffi pour multiplier les taches, mais elles n'en ont pas moins préparé la quatrième invasion en suscitant la naissance de nouvelles conidies. Ainsi la pluie du 22 mai

---

Un stremma égale 1000 mètres carrés.

d'une hauteur de 3,5 mm. a pu déterminer la quatrième invasion du parasite qui, s'attaquant aux grappes en floraison, causa aux vignobles de graves dommages. Dans certains cas 20-30°/o des grappes furent détruites. Les pluies du 6 et du 14 juin n'ont pas déterminé de nouvelles contaminations, d'une part à cause de leur quantité

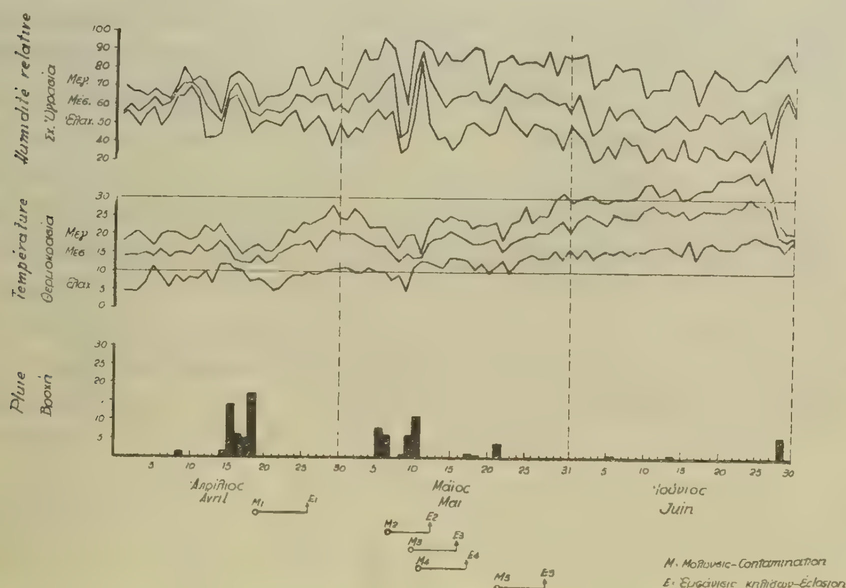


Fig. 14. Invasions de Mildiou dans la région de Vello en 1959.

insuffisante et, d'autre part, parce qu'à cette époque de l'année il n'y avait pas de conidies dangereuses, en raison de la température élevée. La pluie du 29 juin n'a pas provoqué de nouvelles invasions, faute encore de conidies actives. La sécheresse qui suivit interrompit le développement du parasite jusqu'au mois d'octobre.

En résumé, le Mildiou de la vigne a provoqué en 1957 quatre invasions, toutes au mois de mai, dont la dernière fut très sérieuse.

Invasions de l'année 1958.

Les pluies fréquentes de mars et la température moyenne maintenue à 11° C dans les deux dernières décades de ce mois ont accéléré le processus de germination, de sorte que dès la mi-mars les oospores germaient au laboratoire dans l'espace de 2-3 jours. On peut en supposer, en tenant compte des pluies de la fin de mars et des irrigations d'un grand nombre de vignes réalisées jusqu'au 7 avril, qu'un

nombre des oospores a dû commencer de germer précocement et que la contamination primaire a dû avoir lieu entre le 22 mars, date à laquelle commença le débourrement de certaines variétés de vigne précoces, et le 8 avril, date à laquelle le débourrement était achevé pour toutes les variétés.

Les premières taches furent observées peu après le 10 avril. Les pluies du 10, 12 et 14 de ce mois déterminèrent une deuxième série d'infections primaires et contribuèrent à l'extension des premiers foyers créés entre la fin de mars et le début d'avril (Fig. 15).

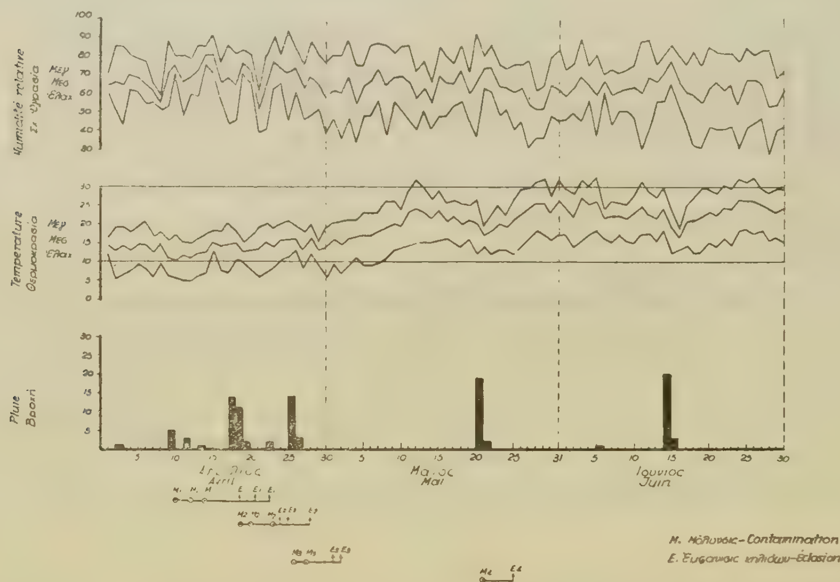


Fig. 15. Invasions de Mildiou dans la région de Vello en 1959.

La période de pluies qui s'étend du 18 au 23 avril d'une quantité totale de 39 mm. a déterminé les premières infections secondaires, devenues perceptibles par un nombre infime de taches dans des vignes n'ayant pas reçu de traitements. Les pluies du 26 et du 27 avril ont provoqué de nouvelles contaminations du parasite, qui se sont manifestées également par peu de taches sur des feuilles et ont attaqué les grappes, dans la proportion de 1-2 %. Les premiers vingt jours de mai s'écoulèrent sans pluies; d'autre part, les hautes températures enregistrées dans la 2e décade du mois avaient détruit le pouvoir germinatif des conidies existantes, de sorte qu'on aurait pu croire que le parasite fût devenu inoffensif pour la vigne, si l'humidité relative,

maintenue à des niveaux élevés vers la fin de la 2e décade, ne favorisait pas la naissance de nouvelles conidies qui, à la suite de pluies continues du 21 et du 22 mai, ont provoqué une invasion désastreuse. Cette invasion fut extrêmement violente. Il suffit de rapporter qu'une parcelle de vigne restée sans traitement a eu 100 % des grappes attaquées par le parasite. Les précipitations du 6 juin, ayant atteint 1 mm. de hauteur sous forme de grêle, n'ont pas déterminé d'invasions. Les pluies du 15 et du 16 juin, au total 23 mm., n'affectèrent pas davantage les vignes, d'une part faute de conidies actives et, d'autre part, parce que l'arrêt de la croissance de la vigne ne laissait pas une grande surface non traitée. La sécheresse survenue par la suite, en juillet et en août, suspendit l'évolution de l'épidémie jusqu'à l'automne. La première décade de septembre a été humide; néanmoins, le parasite ne provoqua que fort peu de contaminations, parce que les chaleurs caniculaires de la 3e décade du mois précédent excluaient l'existence de germes actifs et que, d'autre part, la température au commencement de septembre était trop basse pour permettre aux premiers foyers de l'automne de se multiplier.

Il ressort de ce qui précède qu'au cours de l'année 1958 l'épidémie s'est manifestée, outre les infections primaires, par trois invasions principales, dont la troisième a été extrêmement grave.

Invasions de l'année 1959.

Pendant l'hiver 1958-59, malgré la rareté des précipitations, il a suffi de 24 jours de pluies tombées de décembre à la fin de mars pour favoriser la maturation d'un certain nombre d'oospores.

Le débourrement de la vigne commença vers la fin de mars. Il ne semble pas que les pluies du 1er et du 2 avril (Fig. 16), d'une hauteur totale de 14 mm., aient déterminé des infections primaires, car les dimensions des feuilles ne s'y prêtaient pas encore. Les contaminations ne se produisirent qu'à la suite des irrigations habituelles, de sorte que durant la 2e décade d'avril apparurent les premières taches du parasite. Dans les vingt premiers jours d'avril les températures ont fluctué entre les limites suivantes: minimum entre 5 et 12° C, moyenne entre 12 et 17° C, maximum entre 14 et 24° C. Ces températures relativement élevées ont favorisé l'apparition rapide de taches du parasite et le développement de conidiophores. Une série de pluies survenues dans la 3e décade d'avril, les 22, 23, 24 et 26, d'une quantité totale de 35 mm., provoqua les premières infections secondaires. Celles-ci se manifestèrent en attaquant 0,6 % des grappes et par l'ap-

parition de deux taches par sarment, dans une partie de la vigne restée sans traitement. Les taches de cette invasion apparurent en mai, sous forme de taches d'huile et par conséquent la 2e invasion provoquée par la pluie du 4 mai ne fut guère dangereuse. Les taches de cette invasion apparurent vers la fin de la 1ère et le début de la 2e décade de mai. Les pluies du 15 et du 16 mai d'une hauteur totale de 22 mm., provoquèrent une troisième invasion assez forte. La maladie frappa un grand nombre de feuilles et quelques grappes. La quatrième invasion, signalée le 27 mai, à la suite d'une pluie faible mais d'une assez longue durée trouva la vigne dans le stade de floraison et attaqua très fortement les feuilles et les grappes insuffisament protégées.

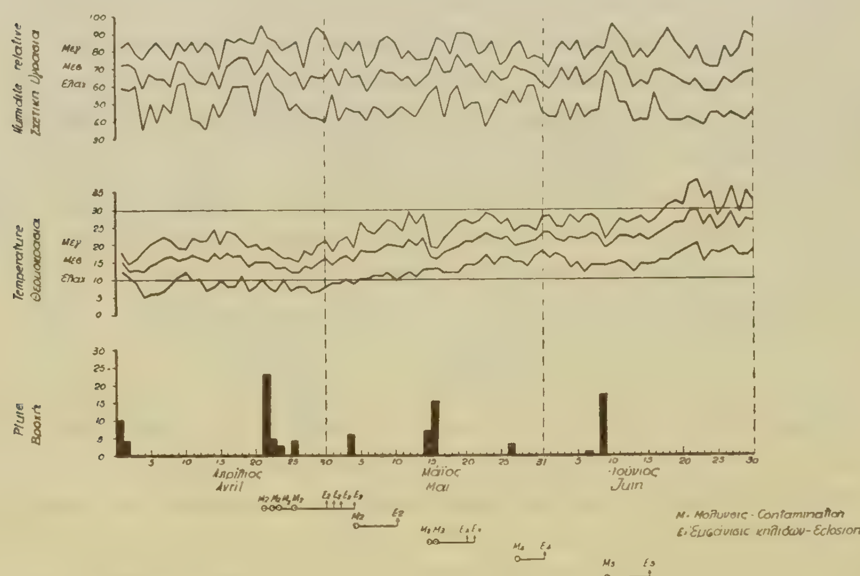


Fig. 17. Invasions de Mildiou dans la région de Patras en 1951.

Enfin la pluie de 17 mm. tombée le 9 juin détermina une invasion violente, qui détruisit entièrement le feuillage de la nouvelle végétation, sur une longueur de 10-15 cm., à partir du sommet.

La sécheresse qui suivit interrompit toute invasion du parasite jusqu'à l'automne.

En 1959, le Mildiou a donc fait, outre les infections primaires, cinq invasions, dont la 3e, la 4e et la 5e furent très graves pour la viticulture de la région.

II. ÉPIDÉMIES DANS LA RÉGION DE PATRAS

Invasions de l'année 1951.

Le débourrement de toutes les variétés de vigne a eu lieu entre le 18 et le 29 mars. Le 10 avril les grappes avaient poussé et, pour certaines variétés, la longueur des sarments atteignait 10 cm. D'autre part, l'examen au laboratoire des oospores montrait que celles-ci étaient déjà mûres et germaient en grand nombre dans l'espace de 48-72 heures depuis le 8 mars. Certains œufs prélevés le 25 mars, germaient en moins de 14 heures. A cette rapidité de germination ont contribué les pluies abondantes de mars, combinées avec la température très élevée de ce mois. Les infections primaires furent donc déterminées par la période pluvieuse du 2 au 8 avril (Fig. 17), pen-

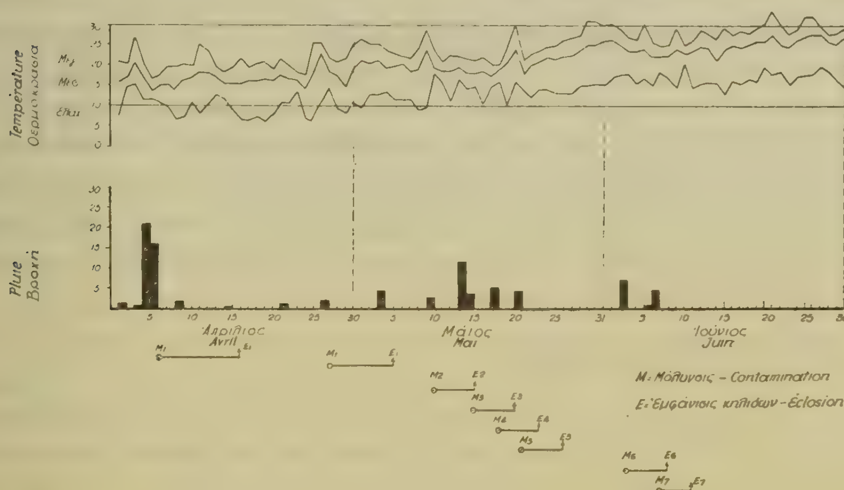


Fig. 17. Invasions de Mildiou dans la région de Patras en 1951.

dant laquelle les températures maximum, moyenne et minimum étaient élevées. Le nombre de ces infections a dû être limité, la croissance de la vigne n'étant pas encore assez avancée. Les pluies du 22 et du 27 avril ont provoqué de nouvelles infections primaires, en même temps qu'elles multipliaient les foyers déjà existants. Toutefois, le peu de pluies tombées entre le 8 avril et le 4 mai n'a pas permis la réalisation d'un grand nombre d'infections primaires. Ainsi, la pluie de 4,5 mm. tombée le 4 mai n'a provoqué aucune contamination de

feuilles. Les invasions secondaires déterminées par les pluies des 10, 14, 15, 17 et 21 mai furent faibles et ne nuisirent pas à la vigne, qui passait les stades critiques de préfloraison et de floraison. Un très petit nombre de taches ont été repérées dans la vigne tout entière de la Station. Deux autres invasions secondaires furent provoquées par les pluies du 3 juin et des 6 et 7 du même mois respectivement d'une quantité de 7,1 et 5.1 mm. Elles auraient pu être très dangereuses pour les vignes si la température moyenne ne s'était déjà élevée à 24° C et la température maximum depuis le 29 mai à 30° C, ce qui rendait problématique l'existence de conidies actives. Deux pluies d'une hauteur insignifiante, tombées le 14 et le 22 juin, ont interrompu le cycle épidémique printanier du parasite, sans dommages pour les vignes de la région. Cependant, les pluies de cette saison étant localisées, on notera que dans le voisinage de la vigne de la Station, la pluie du 14 juin a déterminé une forte invasion. Les feuilles des variétés Sultanina et Rhazaki, dans une proportion de 10%, portaient chacune 1-4 taches.

Il ressort de ce qui précède que le nombre total d'invasions secondaires en 1951 s'est élevé à six, dont quatre en mai et deux en juin, ayant comporté pour les vignes quelques dommages localisés. En général l'épidémie n'a pas eu de conséquences, grâce à la sécheresse qui s'étant prolongée pendant presque un mois, du 8 avril au 4 mai, n'a pas favorisé le développement précoce du parasite; par conséquent, les pluies de mai ont servi uniquement à multiplier le parasite, sans déterminer de fortes invasions.

Invasions de l'année 1952.

Les observations, commencées vers le 10 mars et achevées vers la fin de mai, montrèrent que les oospores ne germaient pas. Cette déficience de leur pouvoir germinatif serait inexplicable, car les précipitations de l'hiver qui avaient été abondantes auraient favorisé leur maturation. Le nombre de jours de pluie, notamment, a été en 1952, supérieur au nombre enregistré dans la série des onze années consécutives 1947-1957. On peut supposer que la clémence de l'hiver, manifestée par des températures minimums et moyennes extrêmement élevées, a pu provoquer la germination d'un grand nombre d'oospores avant le débourrement de la vigne. Il est à noter que durant le mois de janvier, février et mars, on a enregistré respectivement 20, 17 et 19 jours à température moyenne supérieure à 10° C. Néanmoins, même si les oospores auraient témoigné d'un fort pouvoir germinatif, la réalisation d'invasions importantes n'eût pas été moins problématique,

car les chutes de pluie en avril aussi bien qu'en mai ont été extrêmement faibles (Fig. 18).

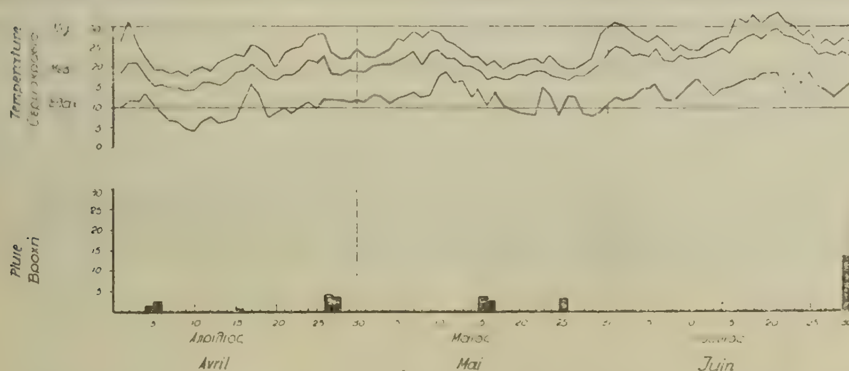


Fig. 18. Invasions de Mildiou dans la région de Patras en 1952.

Dans ces conditions aucune invasion ne fut signalée dans la région de Patras jusqu'à la fin de juin.

Invasions de l'année 1956.

Dans le courant de l'année 1956 la vigne a débourré tardivement, entre le 10 et le 20 avril. Dans la 3e décade de ce mois elle portait des bourgeons de 10 cm.

Les oospores étaient mûres dès le 1er mars, pouvant germer à cette époque dans l'espace de six jours. En avril, les oospores germaient en cinq jours et vers la fin du même mois toutes avaient germé dans la nature ou perdu leur pouvoir germinatif, car aucune germination n'a été observée au laboratoire.

Nous supposons que l'infection primaire a eu lieu entre la fin de la 2e décade d'avril et le commencement de la 3e, parce qu'en ce moment la vigne s'offrait à la contamination et que la température moyenne avait atteint 15° C. Comme on le voit sur la figure 19, il n'y eut pas de chutes de pluie dans cette période et c'est pourquoi l'on ne peut s'expliquer comment eut lieu l'infection primaire. Il est pourtant certain que la contamination a été accomplie précisément au cours de cette période, puisque nous avons trouvé, au début de mai, de ceps abandonnés dont les sarments rampants sur le sol étaient pleins de taches et de conidies produites nouvellement par les pluies des premiers jours de ce mois. Étant donné que la vigne où ces sarments ont été trouvés n'avait pas été irriguée, nous penchons à croire

que le processus de la germination des œufs et de la contamination des feuilles a été favorisé par la rosée.

Les infections primaires ainsi produites n'étaient pas nombreuses, de sorte que les pluies tombées du 1er au 3 mai, au total de 16,7 mm., ne provoquèrent aucune infection secondaire. Les pluies du 9 au 12 mai déterminèrent la première invasion d'infections secondaires de-

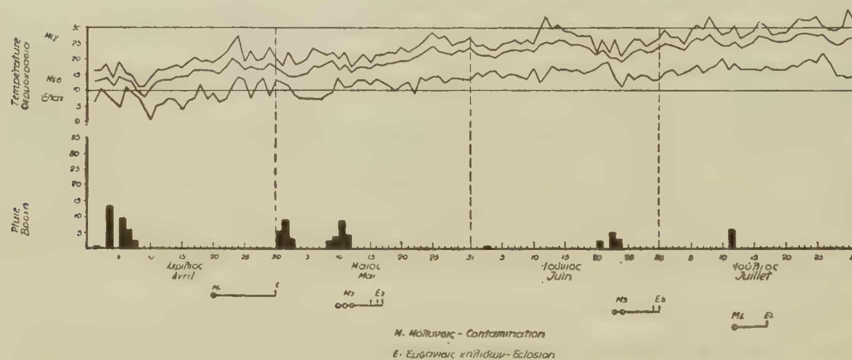


Fig. 19. Invasions de Mildiou dans la région de Patras en 1956.

venue perceptible plus tard par un très petit nombre de taches. Une deuxième invasion fut provoquée par les pluies du 21, 23 et 24 juin d'une quantité totale de 10,8 mm., elle aussi insignifiante d'ailleurs, car les conidies étaient fort peu nombreuses et avaient perdu pour la plupart leur pouvoir germinatif sous l'action des hautes températures de juin. Enfin la pluie du 12 juillet provoqua une troisième et dernière invasion, tout à fait inoffensive, pour les motifs précités. La sécheresse qui suivit interrompit le développement du parasite jusqu'à la fin d'octobre, lorsque commencèrent les invasions successives de novembre.

En résumé, le parasite a fait au printemps de 1956 trois invasions dont aucune n'a menacé la production. L'innocuité de ces invasions est due à ce que les pluies étaient bien espacées, grâce à quoi le parasite n'a pu se développer suffisament.

Invasions de l'année 1957.

Les observations au laboratoire concernant la maturité des œufs montraient que ceux-ci étaient déjà mûrs et le 20 mars germaient dans l'espace de 4-5 jours. Au commencement d'avril la germination se réalisait dans l'espace de 2-4 jours.

La vigne a commencé de débourrer entre le 23 et le 30 mars, selon la précocité de chaque variété. A la date du 10 avril la vigne portait 2-5 feuilles par sarment qui atteignaient la longueur de 10 cm. environ.

Les premières taches de Mildiou furent observées dans la région entre le 25 avril et le commencement de mai, sur des sarments rampants, à Valto Bosaitiko, à Tsoukaleika et à l'endroit Tsaoussi. Si l'on compte 9-10 jours pour la durée d'incubation, la contamination primaire a dû avoir lieu pendant la période pluvieuse survenue du 14 au 19 avril (Fig. 20), étant donné que la température moyenne,

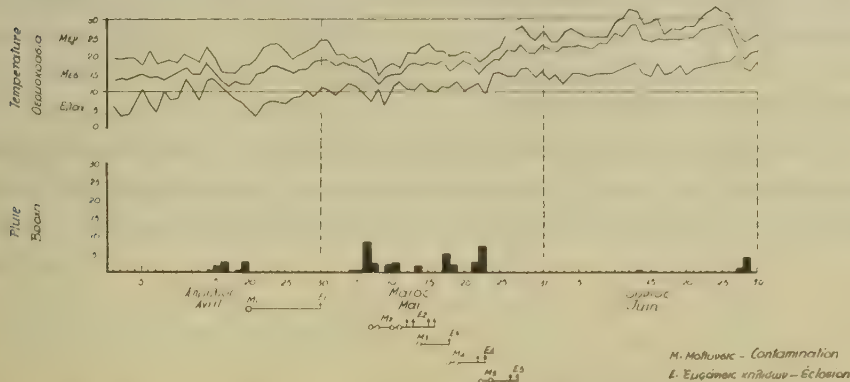


Fig. 20. Invasions de Mildiou dans la région de Patras en 1957.

fluctuant autour de 14° C, était suffisamemnt favorable. La période pluvieuse du 5 au 11 mai a déterminé la première série de contaminations secondaires du parasite, qui contribuèrent à multiplier les foyers, sans pourtant devenir dangereuses. Cette observation est valable pour la région tout entière, où n'apparurent que quelques taches sporadiques. La pluie du 14 mai, de 1,8 mm. n'a provoqué qu'une invasion faible, bien que les premières taches des infections secondaires aient déjà apparu et bien qu'il y eût de conidies nouvelles. Les pluies du 18 et du 19 mai, d'une hauteur totale de 7,5 mm., ont déterminé la troisième série de contaminations secondaires, très sérieuses pour la vigne. Les pluies du 21, 22 et 23 du même mois ont déclenché la quatrième série de contaminations, qui furent critiques, la vigne se trouvant alors au stade de floraison. Elles attaquèrent un grand nombre non seulement de feuilles, mais encore de grappes. Les pluies du 14 et du 16 juin, de 0,8 et de 0,5 mm. respectivement, furent insi-

gnifiantes et ne provoquèrent pas d'invasions. Enfin les pluies du 28 et du 29 juin, d'une quantité totale de 6 mm., fermèrent le cycle épidémique sans comporter des dégâts, d'une part faute de conidies actives et d'autre part, parce qu'il n'y avait qu'un petit nombre de feuilles nouvelles, la croissance de végétation étant presque arrêtée. La sécheresse de l'été et du commencement de l'automne empêcha les progrès de l'épidémie, qui reprit son activité en octobre.

Le parasite a donc réalisé en 1957 quatre groupes d'invasions secondaires, toutes dans le courant de mai; parmi elles, les invasions du 18, 19, 22 et 23 du même mois furent particulièrement dangereuses, parce que la vigne se trouvait en ce moment au stade critique de floraison et que, d'autre part, le nombre de germes à été très élevé.

Invasions de l'année 1958.

En 1958, le débourrement s'échellona selon les variétés depuis le 25 mars jusqu'au 7 avril. Dès la fin de la 1ère décade d'avril, les rameaux atteignaient pour certaines variétés la longueur de 10-15 cm.

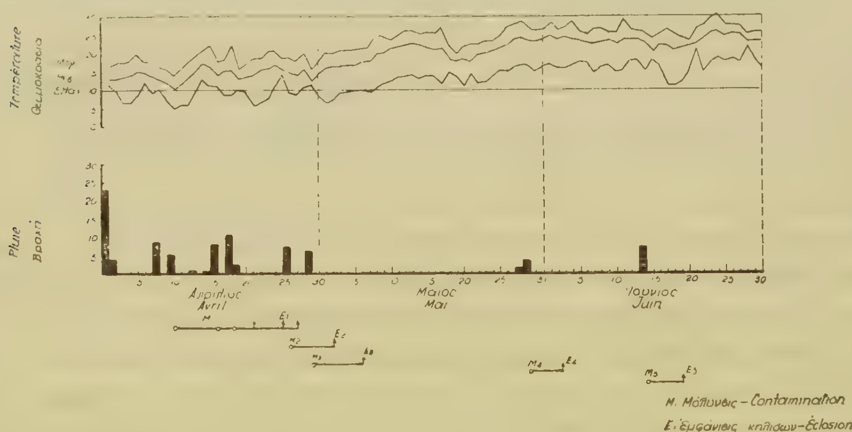


Fig. 21. Invasions de Mildiou dans la région de Patras en 1958.

D'autre part, les pluies abondantes de mars ont accéléré le processus de la germination des oospores qui, depuis le 17 mars, date à laquelle nous avons commencé les observations au laboratoire, germaient au bout de 1-3 jours.

Depuis le commencement d'avril, la température moyenne avait dépassait les 10° C; elle fluctuait autour de 13° C dans la première

décade de ce mois et autour de 15 °C dans la deuxième. Le facteur de la température n'a donc pas empêché les oospores de germer dans la nature. Les infections primaires auraient dû se réaliser durant toute la période pluvieuse depuis le 1[er] jusqu'au 20 avril (Fig. 21). Les foyers du parasite ont été repérés dans la région entre le 20 et et le 25 avril, ce qui prouve que la contamination primaire a eu lieu, comme on l'avait supposé, entre le 8 et le 19 avril. Les pluies du 25 et du 30 du même mois, d'une hauteur respective de 7,1 et de 6 mm., provoquèrent la première et la deuxième contamination secondaire, à la suite desquelles le parasite fit son apparition au cours de la première décade de mai dans plusieurs vignes de la région.

Ce début de l'épidémie, fort encourageant pour le parasite, aurait pu avoir de graves conséquences pour la vigne s'il avait été suivi par les chutes de pluie habituelles du mois de mai. Il arriva, au contraire, que la sécheresse survenue du 29 avril au 28 mai et la hausse anormale de la température durant la deuxième décade de mai, arrêtèrent le développement du parasite, en sorte que la 3[e] invasion du 29 de ce mois, aussi bien que la 4[e] invasion du 14 juin, furent insignifiantes.

On peut conclure de ce qui précède que, durant l'année 1958, le cycle épidémique du parasite a comporté quatre invasions, sans compter l'invasion primaire, dont les deux premières eurent lieu vers la fin d'avril, la troisième vers la fin de mai et la quatrième vers la mi-juin. Aucune de ces invasions n'endommagea les vignes.

CHAPITRE VIII

BASES DE PRÉVISIONS ET D'AVERTISSEMENTS

Comme nous l'avons fait remarquer dans l'introduction de ce travail, la lutte contre le Mildiou de la vigne est préventive; les traitements ont pour but non pas de guérir la vigne contaminée, mais de protéger ses organes contre les invasions du parasite. Plus les interventions sont faites aux moments convenables, plus la protection de la vigne est efficace. Il s'ensuit que le principal objet d'une organisation rationnelle de la lutte contre le parasite doit consister à fixer les moments les plus opportuns pour les traitements et, en même temps, à supprimer ceux qui sont inutiles.

L'opportunité des interventions contre le parasite est déterminée à tout instant par les diverses données épidémiologiques de la maladie, par l'état de végétation de la vigne et par les conditions climatiques de la région examinée. Ces multiples données, différemment appréciées d'ailleurs, ont formé la base des systèmes appliqués depuis plusieurs années dans les différents pays viticoles de l'Europe, en vue de prévoir les invasions du Mildiou.

Avant d'exposer le système de prévisions et d'avertissements que nous proposons en ce qui concerne les deux régions examinées dans ce travail, il convient, croyons-nous, de résumer à grands traits les méthodes appliquées ailleurs pour l'organisation efficace et rationnelle de la lutte contre la maladie.

I. SYSTEMES DE PRÉVISIONS ET D'AVERTISSEMENTS APPLIQUÉS DANS DIVERS PAYS D'EUROPE

Dans plusieurs pays viticoles européens et depuis bien des années, la lutte contre le Mildiou de la vigne est passée de l'initiative privée aux attributions de l'état; des stations spéciales installées dans

les principaux centres viticoles ont pris en charge de diriger les viticulteurs dans ce secteur. Bien que toutes ces stations se ressemblent dans les grandes lignes de leur organisation, néanmoins, en ce qui concerne les prévisions des invasions, chacune d'entre elles établit ses règles sur des critères sensiblement différents de pays en pays et de région en région. Nous exposerons brièvement dans ce chapitre les méthodes utilisées dans les différents pays.

France.

En France, depuis plusieurs années, les principales stations d'avertissement sont celles de Montpellier, de Bordeaux et de Clermont-Ferrand.

Montpellier.— Organisée par Ravaz (1919) et entrée en fonction depuis 1920, cette station a basé ses prévisions sur deux principaux critères: l'évolution du parasite et les stades critiques de la végétation de la vigne.

En ce qui concerne le premier point on observait la germination des oospores et les infections primaires sur des sarments penchés au-dessus de cuvettes spécialement aménagées dans le vignoble. En ce qui concerne les contaminations secondaires, la durée d'incubation était constamment évaluée à sept jours.

Comme stades critiques de la vigne on considérait celui des grappes bien dégagées des feuilles qui les entourent et celui de la floraison.

D'après les critères ci-dessus, il était recommandé à donner le premier traitement dès que les grappes se dégageaient des feuilles et les traitements suivants tous les sept jours, jusqu'à l'époque de l'arrêt de la végétation. Entre les trois pulvérisations exécutées à l'époque de la floraison, il fallait intercaler deux poudrages afin de protéger les grappes qui étaient couvertes en ce moment par les feuilles.

Branas et Bernon (1934), considérant que les germes d'une seule et même invasion peuvent provoquer plusieurs attaques et que la durée de sept jours est trop longue à l'époque de la grande croissance de la vigne, introduisirent, en tant que principal critère de la méthode d'avertissement, la croissance de l'hôte. A titre complémentaire il est tenu compte du nombre et de la vitalité des germes et l'on établit de la sorte deux cadences de traitements: Une cadence accélérée toutes les fois qu'en raison de la multitude des germes un traitement est nécessaire lorsque la longueur des rameaux atteint 15 cm., et une cadence ralentie toutes les fois qu'en raison du nombre limité des ger-

mes les traitements sont répétés lorsque la longueur des rameaux atteint 25-30 cm.

Bordeaux.— La méthode de lutte contre le Mildiou introduite dans cette région par Cazeaux-Cazalet et Capus, rapportée par Schad (1936), établit en tant que principal critère le climat local et l'influence que celui-ci exerce sur le développement du parasite et sur la croissance de la vigne.

En principe, l'intensité des invasions du printemps et de l'été dépend des pluies de l'hiver.

La contamination primaire est prévue d'après les données statistiques de son apparition habituelle et la première période dangereuse correspond à l'époque où la vigne a cinq feuilles; c'est alors qu'on recommande le premier traitement.

Dans la détermination des traitements postérieurs, il est tenu compte de la durée d'incubation, des stades critiques de la vigne et du nombre de feuilles non protégées, en combinaison avec le nombre des germes existant à chaque fois. En ce qui concerne l'apparition des taches, on calcule la durée d'incubation en additionant les températures moyennes quotidiennes depuis l'accomplissement de la contamination. Quand la somme obtenue se rapproche du nombre des degrés de température dont la durée d'incubation a normalement besoin à une époque donnée, on peut considérer comme imminente l'apparition du parasite.

Lorsque les germes abondent, le traitement est considéré indispensable si l'on prévoit une période de pluies et si la vigne porte une surface non traitée de 3-5 feuilles.

Clermont-Ferrand.— La méthode appliquée dans cette région, introduite par Schad (1936), constitue, selon sa propre affirmation, une synthèse des deux méthodes précitées.

La prévision de l'infection primaire est fondée sur l'examen de trois éléments: 1. Germination des oospores. 2. Périodes habituelles de l'apparition de l'infection primaire. 3. État de la végétation de la vigne. L'infection primaire est à craindre lorsque la vigne porte déjà 6-8 feuilles; au cours de cette période, s'il y a prévision de pluie, il est recommandé de procéder au premier traitement.

En ce qui concerne la détermination des contaminations secondaires, il est tenu compte des stades de végétation de la vigne, ceux de la préfloraison et de la nouaison étant considérés comme critiques. Les traitements, d'autre part, ne visent pas à prévenir toutes les invasions mais seulement les plus dangereuses.

Depuis l'organisation du Service de protection des plantes en France, les avertissements sont basés sur les données suivantes (Amphoux et Bernon 1954) :

1. Détermination de la date des infections primaires après observation de la germination des oospores.
2. Apparition de foyers primaires.
3. Nombre et cadence des infections secondaires.
4. Vitesse de croissance de la vigne.
5. Nombre des germes existants dans la vigne.

Allemagne - Italie.

Depuis 1913 on applique en Allemagne la méthode dite de « Calendrier d'incubation » ou « Calendrier de Müller », du nom de l'expérimentateur qui l'imagina. Cette méthode se fonde, sur la durée d'incubation qui présente une fluctuation saisonière notamment en fonction de la température.

Le calendrier en question comprend certaines données biologiques que le cultivateur est tenu de connaître, ainsi que la courbe de la durée d'incubation, indiquant en détail les durées correspondant à chaque jour des mois de mai, de juin et de juillet.

Dès les premiers jours de mai, le cultivateur inscrit les chutes de pluie et la température. Les traitements commencent après l'infection primaire, laquelle survient lorsqu'il y a concours d'une période de pluie et de température supérieure à 10 °C. Ils sont réglés de façon à avoir lieu quelques jours avant l'expiration de la durée d'incubation. En périodes de pluie nombreuses et successives, il est tenu compte des stades critiques de la vigne, les traitements considérés comme indispensables étant celui qui précède la floraison et celui qui la suit immédiatement.

D'après Stellwaag (1954), le Calendrier est utile en ce qui concerne uniquement les invasions ayant lieu immédiatement après l'invasion primaire, car plus tard la lutte est basée, surtout, sur les stades critiques de la vigne et sur l'évolution du parasite. En général, 3 à 4 traitements suffisent pour enrayer la maladie.

La méthode précitée a trouvé des imitateurs dans d'autres pays, ayant été appliquée en Russie Soviétique, en Roumanie, en Autriche et, récemment, en Italie. Dans ce dernier pays, elle fut d'abord introduite par Petri et adaptée plus tard par Baldacci (1947, 1950) aux conditions climatiques de l'Italie du nord, où elle est actuellement appliquée dans plusieurs régions.

Le principal avantage de la méthode du Calendrier consiste en ce que les vignerons ne subordonnent pas leur travail aux instructions d'un Service collectif et agissent librement, sur leur propre initiative. En regard de cet avantage, d'ailleurs tout relatif, car, même en Allemagne où la méthode fut d'abord appliquée, les viticulteurs sont guidés, dans une certaine mesure, par les services spéciaux, le désavantage de la méthode consiste en ce qu'elle impose pour les années de sécheresse un grand nombre de traitements. Baldacci qui est d'accord sur ce point ne recommande pas l'usage du «Calendrier» dans des régions à printemps sec, comme la Sicile.

Roumanie.

Ce pays a introduit, comme nous l'avons vu, et appliqué le système du « Calendrier d'incubation ».

D'après Savulescu et collaborateurs (1957), ce système a présenté beaucoup de lacunes. Aussi a-t-il subi un grand nombre de modifications. A côté de cette méthode, certains basent leurs prévisions sur les différentes phases de végétation de la vigne.

Après avoir étudié la biologie et l'épidémiologie du parasite, les auteurs précités proposèrent un nouveau système d'avertissements fondé a) sur les conditions climatiques du pays, observées pendant un grand nombre d'années pour la période du mois de mai au mois d'août, b) sur la biologie du parasite et c) sur la croissance de la vigne en corrélation avec les facteurs extérieurs.

D'après ces critères, l'avertissement pour le premier traitement est donné aussitôt qu'apparaîssent les conidiophores des taches de l'infection primaire, laquelle est placée sous une observation particulièrement minutieuse. Dans les années de nombreuses pluies printanières, la première pulvérisation est indiquée aussitôt que les conditions favorables de l'infection primaire se réalisent.

Il n'est pas recomandé de traiter à chaque invasion, mais seulement lorsque la vigne présente 2-3 feuilles nouvelles. D'autre part, le traitement est considéré comme indispensable immédiatement avant et après la floraison de la vigne. Le moment le plus opportun pour l'exécution du traitement est déterminé par la durée d'incubation.

On peut, en outre, prévoir la gravité des épidémies du printemps et de l'été par le nombre d'oospores formées l'automne précédent et en examinant si ces oospores ont trouvé, avant le débourrement de la vigne, des conditions favorables de germination massive, dues à une fonte de neige consécutive à une élévation de température.

Tunisie.

En Tunisie, on a commencé par appliquer une méthode analogue à celle de Ravaz, en d'autres termes on protégeait au moyen d'un ou de deux traitements les grappes qui venaient d'apparaître et, plus tard, après chaque pluie considérable, on pratiquait une nouvelle pulvérisation. Les pulvérisations étaient complétées de poudrages. Ce système d'avertissement a été réformé plus tard, d'après les travaux de Chabrolin (Petit 1954) et, depuis lors, les prévisions se basent sur la croissance de la vigne, les chutes de pluie et l'évolution du parasite.

Algérie.

Les époques les plus appropriées aux traitements sont déterminées d'après des données biologiques et météorologiques. Les premières comprennent d'une part le stade de végétation de la vigne et sa croissance et, d'autre part, l'apparition des infections primaires (Frézal 1954).

Espagne.

L'apparition des infections primaires et l'évolution de l'épidémie déterminent les moments propices aux interventions (Martines 1954).

II. BASES DE PRÉVISIONS ET D'AVERTISSEMENTS DANS LES RÉGIONS DE VELLO ET DE PATRAS

Les données expérimentales qui ont résulté de ce travail, en ce qui concerne tant la biologie et l'épidémiologie du parasite que le rapport entre le parasite et son hôte, ainsi que les éléments climatiques, nous permettent d'établir les principaux critères d'un système rationnel de lutte contre le Mildiou de la vigne dans les régions de Vello et de Patras.

Nous exposerons ci dessous, séparément pour chacune de ces deux régions les bases de notre système de prévisions.

RÉGION DE VELLO

Les prévisions des invasions du parasite dans la région de Vello doivent reposer sur l'interdépendance de trois facteurs principaux, à savoir la biologie du parasite, les données climatiques et la végétation de la vigne.

Infection primaire.

L'étude minutieuse de la maturation et de la germination des oospores a montré que, dans un certain pourcentage et sous des conditions climatiques normales de la région, les oospores arrivent tous les ans à maturité et sont susceptibles de germer dès le mois de mars. Il n'est donc pas nécessaire de contrôler leur pouvoir germinatif, lequel doit être considéré comme assuré avant même le débourrement de la vigne. Pour un petit nombre d'entre elles il semble même qu'elles germent dès le mois de mars.

Il s'ensuit que, dès le début d'avril, lorsque la température moyenne s'élève au-dessus de 11 °C et fluctue, selon les données d'une série de douze ans, entre 12 et 17°, la germination des oospores est désormais certaine et l'on doit s'attendre à l'infection primaire, étant donné que le débourrement de la vigne commence à cette époque. Si l'eau indispensable à la germination n'est pas fournie par la pluie, elle le sera certainement par les irrigations habituelles.

Les contaminations primaires ne sont pas visibles de prime abord et il faut procéder à des recherches pour repérer les taches dans des endroits où, comme il a été dit plus haut, leur développement est particulièrement favorisé.

L'intensité de l'infection primaire dépend des pluies et du nombre des vignes irriguées dans la 1ère et la 2e décade d'avril; elle ne peut donc pas être prévue mais seulement constatée après des recherches patientes et méthodiques dans les vignes de la région.

Si donc il y avait lieu de protéger la vigne contre les contaminations primaires il faudrait la couvrir de produits anticryptogamiques dès les premiers jours de la végétation, c'est-à-dire dès le début d'avril. Mais cette nécessité ne se présente pas, car, comme nos observations l'ont montré, l'infection primaire est sans gravité et se borne aux organes de la vigne proches du sol; aussi, dans la plupart des systèmes de prévisions appliqués, le premier traitement est-il pratiqué après l'apparition de l'infection primaire.

Par conséquent, la première chose à faire après le débourrement de la vigne, c'est de constater l'infection primaire. Celle-ci a lieu, ordinairement, dans la région de Vello, au cours des vingt premiers jours d'avril. En fait il ne s'agit pas d'une seule contamination, mais de plusieurs, lesquelles se succèdent durant ces deux décades, à l'aide des pluies et, surtout, des irrigations. Les contaminations réalisées dans la 1ère décade et au début de la 2e décade d'avril produisent des

taches faisant leur apparition dans le courant de la 2e décade. Elles sont peu nombreuses, car peu de vignes ont été irriguées jusqu'à ce moment. Mais les infections de la 2e décade d'avril sont plus nombreuses, un plus grand nombre de vignes ayant été irriguées entre temps, et leurs taches apparaissent dans la 3e décade du mois. Toutes les taches des infections primaires, à mesure que l'on avance dans la 3e décade d'avril, se couvrent de fructifications du champignon d'une part à cause de la température déjà élevée et, d'autre part, à cause de l'état hygrométrique élevé de la saison; c'est pourquoi une invasion secondaire provoquée par des pluies postérieurement au 20 avril peut attaquer non seulement les feuilles, mais encore un nombre de grappes et endommager en partie la production.

L'intensité de l'infection primaire, qui est fonction des pluies et des irrigations comme il a été dit plus haut, devrait être contrôlée par le repérage des premiers foyers. Le résultat d'une telle investigation déterminera la nécessité de la première pulvérisation. Il serait hasardeux et sans doute contraire à toute discipline scientifique de déterminer exactement l'époque de la première pulvérisation, puisque celle-ci dépend de la gravité que présente l'infection primaire. Toujours est-il, cependant, qu'en nous fondant sur notre expérience de l'évolution du parasite et sur les données statistiques de la chute des pluies, nous estimons que le premier traitement doit être fait au début de la 3e décade d'avril. Celui-ci pourrait être aussi considéré comme un traitement d'assurance.

Infections secondaires.

Dans la région de Vello, en règle générale, c'est au cours du mois de mai que le parasite passe de l'état latent des infections primaires et des premiers ensemencements à une activité dangereuse. Nous avons longuement exposé dans plusieurs parties de ce travail les motifs pour lesquels le mois de mai a été considéré, dans la région de Vello, du point de vue de l'évolution du Mildiou, comme un mois critique. Il ressort de toutes les observations et les recherches effectuées que les infections secondaires sont décisives pour la vigne durant tout le mois de mai, jusqu'à la 1ère décade de juin, inclusivement.

Nous voici donc appelés à assurer durant cette époque une protection rationnelle de la vigne. Le fait même d'avoir signalé le caractère critique de cette période constitue une prévision, fondée sur une étude poursuivie pendant sept années consécutives des épidémies et

des facteurs climatiques de température, d'humidité et de pluie, facteurs particulièrement favorables à l'éclosion de l'épidémie, ainsi que sur l'observation de la croissance de la vigne, extrêmement rapide à cette époque, et des stades critiques qu'elle traverse.

Deux systèmes entrent en ligne de compte pour faire face à l'épidémie durant cette période. Un genre de calendrier rédigé d'après les durées d'incubation que nous avons déterminées pour cette région, pourrait résoudre le problème de la détermination rationelle des dates des interventions. Mais nous ne croyons pas que ce système soit pratiquement applicable, pour les motifs suivants:

1. La durée d'incubation pendant la période en question est très courte, par conséquent l'application des pulvérisations est très difficile.

2. En cas de pluies fréquentes, les durées d'incubation chevauchant les unes sur les autres, troubleraient les calculs des cultivateurs.

3. En cas de sécheresse relative ou de pluies insignifiantes du point de vue épidémiologique, ce système pourrait conduire à des traitements inutiles, car il ne tient pas compte du nombre de germes à chaque moment donné.

4. Les viticulteurs de la région, bien qu'ils soient assez avancés ne seraient pas capables de suivre systématiquement les invasions du parasite et de prendre les initiatives nécessaires.

C'est pourquoi nous proposons un système différent, fondé sur l'observation de la croissance de la vigne et du développement parallèle du parasite.

La croissance des rameaux tous les dix jours, pendant le mois de mai, diffère selon l'année et selon la variété de la vigne. D'après nos données, cette croissance varie de 20 à 40 cm. et comprend 3-4 feuilles. Nous pouvons par conséquent prescrire pour le mois de mai un traitement tous les dix jours, de manière que l'un soit espacé de l'autre du même espace de temps que nécessite la croissance de 20-40 cm.

Ce critère de croissance pourrait éventuellement être considéré comme arbitraire. On notera, cependant, qu'après avoir observé les épidémies ordinaires du Mildiou à cette époque de l'année, nous avons pu constater que trois traitements pratiqués en mai, auxquels s'ajoute le premier traitement d'avril, suffisent amplement pour protéger la vigne. Il est entendu que nous voulons parler d'épidémies ordinaires, déterminées par la moyenne de quatre jours de pluie dans le courant de ce mois, moyenne établie d'après les données d'une série de douze ans et correspondant à 3-5 invasions printanières du parasite.

La date précise des pulvérisations doit être déterminée par le développement du parasite. Le premier traitement, pratiqué dans la 3e décade d'avril, a été fixé au début de cette décade. Il s'ensuit que si ce premier traitement est placé entre le 20 et le 25 avril, comme c'est le cas dans une épidémie ordinaire, on procédera au deuxième traitement entre le 1er et le 5 mai, au troisième entre le 10 et le 15 et au quatrième entre le 20 et le 25 du même mois. Le troisième et le quatrième traitements, exécutés immédiatement avant la floraison, sont absolument indispensables, d'une part parce qu'ils protègent la vigne à un moment où l'épidémie se trouve généralement à son point culminant et, d'autre part, parce que la vigne traverse la période critique de la floraison.

Si les pluies se poursuivent et que les germes sont abondants, il est nécessaire de faire un cinquième traitement après la nouaison, c'est-à-dire entre la fin de mai et le début de juin. D'après les données statistiques sur la fréquence de pluie on connait que pendant la 3e décade de mai et la 1ère de juin on n'enregistre de chutes de pluie que dans les quatre années de la série des douze. Il n'en a pas été de même pour la 1ère et la 2e décade de mai, où on enregistre des pluies respectivement dans sept et dans neuf années sur la série des douze, ce qui rend ces deux décades éminemment favorables au développement du parasite et par conséquent impose la nécessité de protéger soigneusement la vigne.

Au cours d'observations renouvelées pendant toute une série d'années, nous avons eu l'occasion de nous arrêter plus d'une fois sur un fait qui devrait attirer sérieusement l'attention. Des vignes entièrement recouvertes de produits anticryptogamiques, pulvérisées à plusieurs reprises, présentaient un haut pourcentage de grappes attaquées, alors que les taches des feuilles étaient fort peu nombreuses. Cette protection insuffisante s'explique par le fait qu'à partir d'une certaine époque les grappes sont recouvertes d'un feuillage touffu, en sorte qu'elles ne sont point ou insufisamment atteintes par le liquide pulvérisé, si soigneusement que puisse être faite l'opération. Afin de supprimer ce danger nous estimons indispensable d'intercaler entre les pulvérisations un poudrage. C'est là un travail qui devrait faire désormais partie des préoccupations habituelles des viticulteurs. Le besoin de poudrages complémentaires a été d'ailleurs signalé depuis longtemps par les phytopathologistes grecs (Raphtopoulos 1934, Coutsomitopoulos 1936).

Après le 10 juin, dans les années normales, l'épidémie s'arrête et,

il n'y a plus besoin de traiter, jusqu'au début de l'automne; à cette époque de l'année il serait opportun de procéder à un nouveau traitement, afin de protéger les feuilles contre une chute précoce, toutes les fois que, faute d'invasions printanières, du moins faute d'invasions en nombre suffisant, la vigne n'a pas reçu de traitements anticryptogamiques.

L'application de ce programme de traitements, établi dans la perspective d'une année d'épidémie normale, pourrait être d'une efficacité satisfaisante. Mais ces sortes de questions ne se laissent pas déterminer rigoureusement; il appartiendra au futur Service d'Avertissements d'apporter tous les ans les modifications nécessaires au programme de traitements, afin de l'adapter aux conditions imposées par les facteurs climatiques et par le développement du parasite.

Dans la région de Vello, 3-4 pulvérisations et un poudrage suffiront pour les années normales. On sait, toutefois, qu'entre les années d'épidémie normale il s'en intercale d'autres, où l'invasion du parasite est entièrement inoffensive. C'est ce qui arrive lorsqu'avril est complètement sec et que les pluies de mai, surtout si elles sont suivies par la sécheresse de juin, ne favorisent pas suffisamment le développement de l'épidémie; ou lorsque, ni par leur fréquence ni par leur hauteur, les pluies tombées en avril et en mai ne suffisent pour que se réalisent les deux ou trois invasions qui doivent indispensablement avoir lieu avant que le parasite ne se multiplie ou ne devienne dangereux; ou enfin, généralement, lorsque le printemps est sec. Dans tous les cas précités le nombre des pulvérisations pourrait être diminué.

En revanche, s'il y a dans l'année des pluies nombreuses et régulièrement réparties au cours des mois d'avril, mai et juin, comme ce fut le cas pour l'année 1953 (Tableau XXXV), on peut prévoir que l'épidémie sera grave; il conviendrait dans ce cas d'ajouter aux quatre pulvérisations une cinquième, ainsi qu'un poudrage dans la 2e décade de juin. Notons que l'année en question a été la plus humide de la série des douze années considérées, ayant dépassé de six jours la moyenne de pluies durant les trois mois précités.

RÉGION DE PATRAS

Comme pour la région de Vello, ici aussi, les prévisions des invasions et le nombre des traitements indispensables doivent être fondés

d'une part sur la corrélation entre les facteurs climatiques et le développement du parasite et, d'autre part, sur la croissance de la vigne.

Infection primaire.

Depuis le début d'avril, époque à laquelle la vigne commence à débourrer, la maturité des œufs, aussi bien que la température moyenne nécessaire à leur germination, sont assurées. Les œufs sont mûrs dès le mois de mars, dans la proportion de 50% environ, et la température moyenne s'élève depuis déjà la 1ère décade d'avril à 14°C. Quant au facteur de l'imprégnation, il est assuré grâce aux pluies et, parfois grâce à la rosée, car à notre connaissance, les vignes de la région ne sont pas irriguées.

Bien que les pluies soient ici plus fréquentes que dans la région de Vello, pour ce qui concerne la 1ère et la 2e décade d'avril, l'infection primaire ne s'y manifeste pas sur une grande échelle, mais seulement par endroits, comme nous l'avons signalé plus haut. Elle a lieu ordinairement durant la 2e décade d'avril et les premières taches en sont signalées dans la 3e décade du même mois.

La multiplication des foyers primaires se fait ici plus rapidement en raison de la fréquence des pluies et l'épidémie peut parfois entrer dans sa phase critique dès le début de mai.

Il s'ensuit que le premier traitement devrait être exécuté dans la 3e décade d'avril, notamment, les premiers jours de cette décade en cas de pluies fréquentes et de hautes températures entre le 1er et le 20 de ce mois, ou bien vers la fin de cette décade si les conditions ont été moins favorables à l'expansion rapide du parasite. Guidés par une longue expérience les viticulteurs de la région estiment qu'il est indispensable de procéder au premier traitement le jour de la Saint-Georges, c'est-à dire au commencement de la 3e décade d'avril.

Infections secondaires.

Pour le mois de mai, qui est aussi le mois critique sous le rapport de l'épidémie du Mildiou, les traitements seront conditionnés par la croissance de la végétation et par le développement parallèle du parasite. Aussi bien la croissance de la vigne dans le courant de ce mois que le développement du parasite en cas d'épidémie normale dans la région, imposent la nécessité de couvrir la vigne tous les dix jours. Trois traitements, correspondant aux trois décades du mois, suffiront pour protéger efficacement la vigne. A l'encontre de la région de Vello, où la pulvérisation pratiquée aussitôt après la nouaison

dépendra des précipitations de la 3e décade de mai, ici, en cas d'épidémie normale, cette pulvérisation est indispensable, à cause des pluies habituelles de la 3e décade de mai et de la 1ère décade de juin.

Selon la marche de l'épidémie et le nombre des germes, il y aura lieu de procéder éventuellement à une nouvelle pulvérisation dans la 2e décade de juin. Postérieurement à cette date, dans des conditions normales, nous ne croyons pas qu'il soit indispensable de couvrir de nouveau la vigne, étant donné que la période de la sécheresse estivale commence, que l'épidémie s'interrompt et que la végétation s'arrête entièrement.

Un traitement à l'époque où commencent les pluies automnales serait indiqué, afin de prévenir la chute précoce des feuilles, au cas où les pulvérisations printanières auraient été insuffisantes.

On peut conclure de ce qui précède que, dans les années d'épidémie normale, 4-5 pulvérisations au printemps et en été suffisent pour faire face à la maladie. Notons ici que les viticulteurs de la région de Patras ne dépassent pas sensiblement ce nombre de pulvérisations.

CHAPITRE IX

ASPECT ÉCONOMIQUE DE LA LUTTE CONTRE LE MILDIOU DE LA VIGNE

Arrivés au terme de cette étude, nous croyons nécessaire d'exposer l'aspect économique de la méthode de lutte actuellement appliquée, en regard de la méthode qui devrait prévaloir, afin de faire mieux ressortir l'étendue du gaspillage qui en résulte. Cette analyse d'ordre économique concerne uniquement la région de Vello, qui se trouve encore sous la phobie provoquée par certaines années de graves épidémies de Mildiou.

La question sera examinée pour les années 1950, 1951, 1952, 1956, 1957, 1958 et 1959, durant lesquelles nous avons eu l'occasion de suivre de près l'évolution des épidémies, d'ailleurs décrites en détail dans un chapitre précédent.

Année 1950.

Au printemps 1950 l'épidémie a commencé par des infections primaires, réalisées à la suite des irrigations de la 2e décade d'avril. Le nombre des taches n'a pas été considérable, parce que, d'une part le débourrement de la vigne fut tardif et que, d'autre part, faute de pluies entre le 10 et le 30 avril, les contaminations ne se sont pas multipliées. Le premier traitement préventif aurait dû intervenir vers la fin d'avril. Il aurait protégé la vigne contre les contaminations produites à la suite des pluies du 5, du 6 et du 8 mai. Vers la fin de la 1ère décade de mai, un deuxième traitement aurait été nécessaire, puis un troisième vers la fin de la 2e décade du même mois. La deuxième invasion, ayant lieu le 13 mai, a été la dernière invasion printanière, à cause de la sécheresse survenue, qui s'est prolongée jusqu'à l'automne; c'est pourquoi le besoin d'une quatrième intervention ne s'est pas fait sentir au printemps, mais seulement au début de l'automne, afin de prévenir les contaminations tardives.

Les pulvérisations faites dans la région au cours de l'année examinée furent au nombre de huit, au moins, en d'autres termes il y en eut quatre d'inutiles.

Pour évaluer la dépense qu'entraînent les pulvérisations, il convient de considérer que pour la première, faite au moment où la vigne se trouve à sa 4e feuille, on consomme 20 kgs environ de bouillie bordelaise par stremme*, et qu'un ouvrier couvre environ 10 stremmes par jour. Pour la deuxième, qui a lieu 8-10 jours plus tard, on consomme 40 kgs de bouillie par stremme, un ouvrier ne couvrant que 7 stremmes par jour. Pour la troisième et les suivantes on aura besoin d'environ 80 kgs de bouillie par stremme, un ouvrier ne couvrant que 5 stremmes par jour. La solution employée par les viticulteurs pour toutes les pulvérisations principales est de 2°/₀.

En 1950 le sulfate de cuivre coûtait 2190 drachmes le kg, la chaux 312 drs., et le salaire d'un journalier était de 50.000 drs.

Conformément à ces données, chaque stremme de vignoble est grevé, pour chaque pulvérisation principale, des montants ci-dessous:

Bouillie bordelaise		Drs. 3.840
Sulfate de cuivre	Drs. 3.360	
Chaux	» 480	
Salaire		» 10.000
Total		Drs. 13.840

Cela revient à dire que les quatre pulvérisations superflues grèvent chaque stremme de 41.520 drs. Or, la région de Vello qui s'étend depuis le fleuve Assopos jusqu'au Léchaion, où l'on applique le même programme de pulvérisations, englobe 32.510 stremmes de vignobles, dont 20.400 en Sultanina, 4.400 en Raisin de Corinthe, 4.800 en divers raisins de table et 2.860 en raisins de vinification. La dépense inutile qui correspond à ces 32.510 stremmes s'est donc élevée pour l'année 1950 à drs 1.349.400.000. Étant donné que le coefficient d'ajustement de la drachme à l'index est 0,001753 le total de la dépense inutile s'est élevé à 2.365.498 drachmes de valeur actuelle.

Année 1951.

Aucune invasion du parasite ne fut signalée au cours du printemps 1951, qui fut sec et sans pluies. Sauf le premier traitement

* Un stremme = 1000 m².

préventif qui aurait été récommandé vers la fin d'avril, aucune autre intervention n'était donc nécessaire. Néanmoins, les viticulteurs de la région ont pratiqué au total huit pulvérisations. Il s'ensuit que sept pulvérisations sur huit furent inutiles.

En 1951 le sulfate de cuivre coûtait 3.120 drs le kg, la chaux 312 drs, et le salaire d'un journalier variait entre 40.000 et 45.000 drs.

Coût par stremme de chaque pulvérisation principale : drs 13.280.

Les sept pulvérisations inutiles ont donc coûté 92.960, soit, pour l'ensemble des vignobles de la région, drs 3.021 200.000. Si l'on prend en considération que le coefficient d'ajustement de la drachme à l'index est 0,001557 on trouve que la dépense des pulvérisations inutiles s'est élevée, pour l'année 1951, à 4.704.008 drachmes de valeur actuelle.

Année 1952.

Comme l'année précédente, le parasite n'a pas fait en 1952 d'invasions printanières. Les viticulteurs ont néanmoins pratiqué au moins sept pulvérisations, dont les six étaient entièrement inutiles.

Si l'on note qu'en 1952 le sulfate de cuivre était à 3.220 drs le kg, la chaux à 312 drs, et le salaire à 40.000 drs, on trouve que chaque pulvérisation principale a coûté par stremme 13 451 drs. Les six pulvérisations inutiles ont donc entraîné une dépence immotivée de drs 80.706 par stremme, soit, pour la région entière de Vello, 2.623.752.060, ou 3.885.776 drachmes de valeur actuelle si l'on compte que le coefficient d'ajustement de la drachme à l'index est 0,001481.

Année 1956.

A l'exception d'un petit nombre de foyers primaires installés au mois d'avril, le parasite a réalisé, à la suite des pluies du 9 et du 10 mai, une invasion légère et presque inaperçue. D'après les données du mois d'avril, il fallait se borner à la pulvérisation de la 3[e] décade de ce mois et à une deuxième pulvérisation vers la fin de la 2[e] décade de mai. Le nombre insignifiant de taches produites par l'unique invasion de mai excluait toute autre intervention. Néanmoins, les viticulteurs en ont fait huit comme d'usage. L'évolution de l'épidémie a montré que les six ont été faites sans raison valable.

Le sulfate de cuivre coûtait en 1956 drs 10 le kg., la chaux drs 0,4, le salaire étant de 50 à 55 drs. Par conséquent, le coût d'une pulvérisation revenait à drs 25,66 par stremme. Les six pulvérisations immotivées ont donc entraîné une dépense inutile de 154 drs par stremme, soit de 5.006.540 drs pour toute la région. Au coefficient

d'ajustement de la drachme à l'index 1,077, le montant total de la dépense inutile a atteint 5.392.043 drachmes de valeur actuelle.

Année 1957.

A la suite de la maturation précoce des oospores et de leur germination extrêmement rapide, on pouvait considérer comme certain que les pluies de la période du 15 au 19 avril auraient déclenché l'infection primaire. Le premier traitement était donc indiqué vers le 25 avril, soit peu avant l'expiration de la durée d'incubation particulière à la région et à la saison. Le deuxième, exécuté dix jours plus tard, vers le 5 mai, aurait prévenu les contaminations réalisées à cause des pluies de la période du 6-11 mai, et le troisième, fait vers le 15 mai, aurait empêché les graves dégâts produits par l'invasion du 22 mai. Vu l'abondance des conidies, on pourrait enfin recommander une quatrième pulvérisation aussitôt après la fécondation des fleurs vers la fin de mai.

L'évolution de l'épidemie a montré que quatre pulvérisations au printemps et une cinquième en automne auraient parfaitement suffi pour l'enrayer. Les viticulteurs en ont pourtant fait plus que dix. Nous estimons que les cinq étaient inutiles.

Au cours de l'année examinée, le prix du sulfate de cuivre était de 9,18 drs le kg, et celui de la chaux de 0,5 drs. Le salaire d'un journalier s'élevait à drs 50. Le coût d'une pulvérisation revenait par conséquent à drs 24,8 par stremme. La dépense entraînée par les cinq pulvérisations inutiles s'est donc élevée, pour tous les vignobles de la région, à drs 4.031.240, soit à 4.244.895 drachmes de valeur actuelle étant donné que le coefficient d'ajustement de la drachme à l'index est 1,053.

Année 1958.

Les infections primaires ont commencé en 1958 dès les premiers jours d'avril, les premiers foyers ayant été repérés dans la 2e décade du même mois. Les pluies fréquentes de cette décade eurent pour effet d'accroître le nombre des contaminations primaires et, d'autre part, de multiplier les foyers existants; dans ces conditions, le premier traitement exécuté entre le 20 et le 25 avril, aurait suffi pour prévenir les contaminations provoquées par les pluies du 26 et du 27, contaminations qui, dans certaines vignes restées sans traitement, attaquèrent des feuilles et un certain nombre de grappes. La deuxième pulvérisation aurait suivi vers le 5 mai et la troisième vers le 15 du même mois.

S'il était possible de prévoir la pluie, la pulvérisation du 5 mai aurait pu être évitée, mais comme cette prévision n'était pas possible, il était indispensable de préserver la vigne contre la multitude des germes de la fin d'avril. Ces mêmes raisons rendaient nécessaire la troisième pulvérisation. Consécutivement aux invasions du 21 et du 22 mai, qui ont endommagé gravement la vigne, la multitude des conidies imposait une quatrième pulvérisation, vers la fin de mai, c'est-à-dire aussitôt après la fécondation des fleurs. Une cinquième pulvérisation aurait peut-être été nécessaire au début de la 2e décade de juin, si la 1ère décade de ce mois avait été pluvieuse et si les conidies, qui ordinairement à cette époque perdent rapidement leur faculté germinative, s'étaient multipliées. Mais cette décade s'est écoulée sans pluie, de sorte que la cinquième pulvérisation pouvait être supprimée.

En somme, sur les 10 pulvérisations faites au printemps 1958 dans la région examinée, seulement les 4-5 pouvaient être considérées comme nécessaires.

En 1958 le sulfate de cuivre coûtait 7,40 drs le kg, et la chaux 0,6 drs; le salaire était légèrement supérieur à 60 drs. Chaque pulvérisation revenait par conséquent à drs 24,36 par stremme, soit drs 97,44 pour un minimum de 4 pulvérisations inutiles, ou drs 3.167.774 pour l'ensemble des vignobles de la région. Étant donné que le coefficient d'ajustement de la drachme à l'index est 1,039 la dépense inutile s'est élevée à 3.291.317 drachmes de valeur actuelle.

Année 1959.

Une partie des vignobles de l'École Agricole de Vello a été utilisée, en 1959, à l'application expérimentale des prévisions établies d'après les critères exposés dans les chapitres précédents.

Au total, les pulvérisations faites dans cette parcelle expérimentale ont été au nombre de six, dont la première le 29 avril, la deuxième le 9 mai, la troisième le 15 mai, la quatrième le 25 mai, la cinquième le 6 juin et la dernière le 26 de ce même mois. Dans le même temps, les viticulteurs terrorisés par la fréquence des pluies et par les invasions réitérées du parasite, n'appliquèrent pas moins de 18-20 pulvérisations. C'est dire que, pratiquement, 12-14 d'entre elles était inutiles, puisque nos 6 pulvérisations avaient suffi pour protéger entièrement les vignes contre les invasions du parasite.

Au cours de l'année examinée le sulfate de cuivre coûtait 7 drs le kg et la chaux 0,6 drs; le salaire d'un journalier était de 75 drs plus un repas. Par conséquent, chaque stremme de vignoble était

grevé d'au moins 26,76 drs par pulvérisation, ce qui, multiplié par les douze pulvérisations inutiles revient à 321,36 drs par stremme, ou, pour les 32.510 stremmes de la région, à drs 10.439.611.

En résumé, le montant gaspillé dans les vignobles de la région de Vello pendant les sept années précitées s'est élevé à 34.323.148 drachmes correspondant à 120.432 £ or.

L'évaluation qui précède ne prétend pas se substituer à une analyse circonstanciée des données économiques du problème; elle se propose seulement de mettre l'accent sur l'ampleur du gaspillage auquel donne lieu la lutte contre le Mildiou de la vigne dans la région examinée.

RÉSUMÉ

Le travail exposé dans les chapitres qui précèdent avait pour objet l'étude de la biologie et de l'épidémiologie du Mildiou de la vigne en Grèce, spécialement dans les régions de Vello et de Patras en vue d'établir sur des données scientifiques l'organisation de la lutte contre le parasite.

Cette étude a porté sur les sujets suivants :

A. Recherches sur les oospores.
B. Durée d'incubation.
C. Faculté germinative des conidies.
D. Végétation de la vigne.
E. Épidémiologie du Mildiou de la vigne.
F. Épidémies du Mildiou de la vigne.
G. Bases de prévisions et d'avertissements.
H. Aspect économique de la lutte contre le Mildiou de la vigne.

A. RECHERCHES SUR LES OOSPORES

Ce chapitre comprend des observations sur la formation des oospores et des recherches sur la détermination des facteurs de leur maturation, de leur germination et de la perte de leur pouvoir germinatif.

I. Formation des oospores.

Les oospores se produisent en grand nombre en automne, cependant, il s'en forme sporadiquement en été et, parfois, même au printemps, si des conditions favorables se trouvent réunies.

II. Maturation des oospores.

Nous avons cherché à préciser par une série d'expériences l'influence exercée sur la maturation des oospores par la pluie et par le

froid, séparément ou en combinaison, ainsi que par la température.

Il a été notamment constaté que la pluie exerce une action déterminante sur l'interruption de la vie latente des oospores. Dans la proportion de 30% les oospores achèvent en 20 jours leur période de maturation, si dans cet intervalle elles sont imprégnées tous les deux jours. Ce pourcentage augmente si les imprégnations sont faites plus fréquemment, au point que plus de 50% des oospores peuvent, dans l'espace d'un mois arriver à maturation, si elles sont imprégnées tous les jours. Il a été enfin constaté que, si les imprégnations sont quotidiennes, la totalité des oospores arrivent à maturation dans l'espace de deux mois.

En ce qui concerne le froid, il a été constaté que sous forme de gel à 0° C, il ne favorise pas l'interruption du sommeil des oospores. Cependant, il n'entrave pas finalement leur maturation et ne fait que la retarder légèrement.

Les expériences ont montré, en ce qui concerne la température, qu'elle n'agit pas sur les oospores séparément mais combinée avec l'humidité, l'un de ces deux facteurs pouvant interrompre l'influence favorable exercée par l'autre sur la maturation. Toujours est-il que si l'imprégnation des oospores est faite régulièrement, le degré de leur maturité est fonction de la température du milieu.

En tenant compte de ce qui précède et des données pluviométriques de la période hivernale dans les régions examinées, on a pu conclure que plus de 25% des oospores en plein air dans la région de Vello et plus de 50% dans la région de Patras mûrissent jusqu'à la fin de janvier.

III. Germination des oospores.

Nous avons examiné ici l'influence de la température sur la germination des oospores et constaté qu'un minimum oscillant en deçà de 11° C ne met pas obstacle à la germination. La température moyenne peut, elle aussi, descendre au-dessous de cette limite sans entraver la germination.

Il a été confirmé que les oospores arrivées à un certain degré de maturité, ont besoin pour germer d'une somme de températures supérieures à 11° C.

Les données précitées, ainsi que les données concernant la température du mois de mars dans les régions examinées de Vello et de Patras, permettent de conclure qu'un certain nombre d'oospores doit germer en mars, avant même le débourrement de la vigne.

IV. Perte du pouvoir germinatif des oospores.

1. Des oospores complètement mûres depuis le mois de février, maintenues à une température stable de 6-7° C et imprégnées régulièrement ont conservé leur pouvoir germinatif pendant plus d'un an.

2. Des oospores entièrement mûres, maintenues à l'écart de toute imprégnation mais sous des conditions de température naturelle ont conservé pendant un mois et demi leur pouvoir germinatif, qu'elles ont perdu par la suite en raison de leur déshydratation continue.

3. La perte relativement rapide du pouvoir germinatif des oospores explique pourquoi celles-ci ne germent pas au printemps dans les années où la maturation est suivie d'une longue période de sécheresse, comme cela peut arriver dans la Grèce du centre et du sud.

B. DURÉE D'INCUBATION

Cette question a été étudiée pendant deux ans, d'avril à octobre, au moyen d'inoculations artificielles en plein champ, pour les variétés Sultanina, Raisin de Corinthe, Rhazaki, Sidéritis, Phraoula et Rhoditis.

I. Durée d'incubation dans les régions de Vello et de Patras.

1. La durée d'incubation, à savoir le laps de temps écoulé depuis l'entrée du parasite dans les tissus jusqu'à l'apparition de la tache d'huile, trace une courbe en fonction de la température. Dans la région de Vello, à la température moyenne de 14° C, la durée d'incubation est de 8 jours. A 16° C elle diminue brusquement à 3 jours et reste stationnaire jusqu'à 20° C. Elle se raccourcit encore jusqu'à 2,5 jours de 20 à 25° C, puis remonte pour atteindre 6 jours à la température de 28° C.

2. Dans la région de Patras, la courbe de la durée d'incubation est analogue. Elle s'élève à 9 jours à la température de 14° C, diminue à 4 jours à 17° C et continue de diminuer graduellement jusqu'à 2,5 jours à 21° C, restant stationnaire jusqu'à la température de 24° C. A partir de ce point elle remonte, pour s'élever à 5 jours à 27° C.

3. A températures égales, les durées d'incubation observées en automne sont plus longues que celles de printemps.

4. La durée nécessaire à la formation des conidiophores depuis l'apparition de la tache d'huile varie irrégulièrement entre 1 et 30 jours.

5. On a réuni dans un même tableau pour les deux régions exa-

minées les minimums probables des durées d'incubation, en fonction des températures moyennes par décades des mois de printemps et d'été.

II. Facteurs influençant la durée d'incubation.

1. Température. Il semble que les basses températures ne favorisent pas le progrès du mycélium dans les tissus et que, par conséquent, elles prolongent la durée d'incubation. Au-delà d'une certaine limite, l'action de la température sur le raccourcissement de la durée d'incubation cesse d'être proportionnelle à son élévation, en sorte que cette durée demeure presque stationnaire sur une large partie de l'échelle thermométrique. Il semble que les températures supérieures à 25° C entravent de nouveau le progrès du mycélium dans les tissus et prolongent de nouveau la durée d'incubation; mais ici il y a lieu de tenir compte, croyons-nous, de la vitesse de maturation des feuilles.

2. Age de la feuille. Courte pour les feuilles nouvelles, la durée d'incubation s'accroît à mesure que l'on descend vers le pied du sarment, l'écart pouvant être de 1,5 à 5 jours.

3. Vitesse de maturation de la feuille. Nous avançons l'hypothèse que l'accroissement des durées d'incubation observées à des températures supérieures à 25° C est dû à la grande vitesse de la maturation de la feuille et non pas à l'action directe de la température sur le champignon.

4. Variété de vigne. La durée d'incubation du Raisin de Corinthe est sensiblement supérieure à celle de toute les autres variétés observées.

5. Humidité relative. Il a été constaté que l'influence de l'humidité relative sur la durée d'incubation est nulle ou du moins à peine perceptible.

III. Étude comparative entre nos courbes de la durée d'incubation et les courbes similaires obtenues dans d'autres pays.

L'étude comparative entre les courbes obtenues dans les différents pays ainsi que les courbes obtenues par nous mêmes pour les régions de Vello et de Patras, porte à conclure que la durée d'incubation n'est fonction de la température que jusqu'à une limite déterminée. Cette limite d'après les données existantes se place entre 16 et 20° C. A partir de ce degré jusqu'à 25° C environ la durée d'incubation cesse d'être influencée par la température. On observe, donc,

dans cette courbe une partie ascendante jusqu'à 16 à 20° C et une deuxième partie horizontale de 20 à 25° C. Au delà de 25° C la courbe présente de nouveau une partie ascendante. On croit que la température intervient en accélerant la maturation de la feuille qui influence le progrès du mycélium.

C. FACULTÉ GERMINATIVE DES CONIDIES

Nous avons examiné dans ce chapitre l'influence qu'exercent sur les conidies, d'une part l'insolation et, d'autre part, la température et l'humidité relative.

I. Influence du soleil sur les conidies.

Il suffit que les conidies soient exposées au soleil pendant 15 minutes pour que la plupart perdent leur faculté de germer rapidement dans l'espace de deux heures. Exposées au soleil au-delà d'une heure, elles sont presque toutes détruites au point de ne pouvoir plus germer, même après avoir séjourné dans l'eau pendant 24 heures.

II. Influence de la température et de l'humidité relative sur les conidies.

1. A une température moyenne de 17,5 à 22,5° C, les conidies maintenues en état hygrométrique très élevé ont conservé leur pouvoir germinatif pendant six jours et, à une humidité relative plus basse, pendant quatre jours.
2. A une température stable de 23° C les conidies maintenues dans une atmosphère humide ont conservé leur vitalité pendant huit jours, tandis que dans une atmosphère sèche elles ne l'ont conservée que pendant un jour.
3. Les températures supérieures à 25° C conduisent à la perte rapide du pouvoir germinatif des conidies, même sous des conditions de forte humidité relative.

D. VÉGÉTATION DE LA VIGNE

La croissance des rameaux et du nombre des feuilles, ainsi que les stades successifs de la végétation dans les deux régions examinées, ont été étudiés sur six variétés pendant deux années.

I. Résultats des observations dans la région de Vello.

1. L'arrêt de la végétation, pour la plupart des variétés observées, se réalise entre la 2e et la 3e décade de juin sauf pour le Raisin de Corinthe, dont la végétation s'arrête entre la 1ère et la 2e décade du même mois.

2. La croissance des rameaux observée tous les dix jours est de 3-16 cm en avril, de 20-40 en mai et de 30-6 en juin.

3. La croissance du nombre de feuilles est élevée à 2-4 tous les dix jours en avril, 3 4 en mai, et 5 2 en juin.

4. Le débourrement se réalise habituellement entre le 22 mars et le 10 avril. Dix jours après, apparaissent les grappes. Le stade critique de la floraison se place entre le 20 et le 30 mai pour toutes les variétés, sauf pour le Raisin de Corinthe, dont la floraison est plus précoce. D'après l'ensemble des éléments considérés, la période critique sous le rapport de l'épidémie commence vers le 10 avril et se prolonge pendant deux mois.

II. Résultats des observations dans la région de Patras.

1. Ici l'arrêt de la végétation commence, pour la plupart des variétés, vers la fin de juin et s'achève dans la 1ère décade de juillet.

2. La croissance des sarments est évaluée à 5-10 cm tous les dix jours en avril, 20-50 en mai et 30-10 en juin.

3. Le nombre de nouvelles feuilles tous les dix jours est de 3-5 en avril, 3-12 en mai et 20-6 en juin.

4. Le débourrement de la vigne et ses stades critiques se déroulent comme dans la région de Vello.

E. ÉPIDÉMIOLOGIE DU MILDIOU DE LA VIGNE

I. Infection primaire.

Tant dans la région de Vello que dans celle de Patras, les conditions de la température et de l'hôte favorisent l'infection primaire dès le commencement d'avril. En ce qui concerne le facteur de la pluie, dans la région de Patras il empêche que l'infection primaire se développe sur une grande échelle et la circonscrit dans des endroits constamment humides. Dans la région de Vello, par suite des irrigations, les taches sont plus nombreuses. Pourtant la première invasion est habituellement de faible intensité et pendant le mois d'avril le para-

site se multiplie lentement sur des pousses toujours gissant sur le sol et passe inaperçu, jusqu'au mois de mai.

II. Infections secondaires.

a. Facteurs déterminant la naissance des invasions printanières et estivales du Mildiou de la vigne.

1. Durant toute la période de végétation de la vigne, la température ne peut entraver le développement du Mildiou qu'en juillet et en août; en effet, bien que pendant ces deux mois la température reste inférieure à 30° C. la germination des conidies est rendue difficile ou même impossible. Généralement c'est le mois de mai qui paraît être le plus critique pour la multiplication rapide du parasite.

2. Le nombre d'oospores produites en automne ne peut pas servir de critère pour la prévision de la gravité de l'épidémie printanière, laquelle dépend des pluies de cette saison. Le parasite ne peut devenir dangereux dès son apparition ; il y faut deux ou trois invasions successives.

3. En raison de la pénurie des pluies, le mois d'avril peut être considéré comme la période *préparatoire* de l'épidémie, dont les invasions dangereuses ont lieu en mai et au début de juin.

4. Les conidiophores font leur apparition si l'humidité relative est maintenue à plus de 85% pendant au moins quatre heures à partir de minuit. Cet état hygrométrique ne se présente pas fréquemment; il dépend surtout de la pluie, qui reste en définitive le principal facteur de l'évolution du parasite.

5. Il ne se forme pas de rosée sur les feuilles à plus de 60 cm du sol. Parfois, sur des sarments rampants, on signale quelques invasions dues à la rosée; mais il s'agit de cas fort rares.

6. La courte durée d'incubation, durant le mois de mai qui est le mois critique, peut déterminer une série d'invasions rendant l'épidémie dangereuse en très peu de temps.

b. Naissance des invasions automnales.

Après la période habituelle de sécheresse absolue, de haute température et de forte insolation, qui se prolonge pendant les deux ou les deux mois et demi de l'été, la continuité de l'épidémie est généralement assurée au moyen de conidies produites sur les anciennes taches du printemps et du commencement de l'été. Parfois, dans les années qui n'ont pas subi d'invasions printanières, l'épidémie peut reprendre

en automne au moyen de conidies transportées de la Grèce du nord et du nord-ouest.

Les oospores qui n'ont pas germé au printemps ne semblent pas contribuer à la naissance des invasions automnales.

F. ÉPIDÉMIES DU MILDIOU DE LA VIGNE

Ce chapitre expose en détail l'évolution des épidémies des années 1950-1952 et 1956-1959 dans la région de Vello, et des années 1951-1952 et 1956-1958 dans la région de Patras.

G. BASES DE PRÉVISIONS ET D'AVERTISSEMENTS

I. Systèmes de prévisions et d'avertissements appliqués dans divers pays d'Europe.

On résume ici les critères scientifiques des méthodes de prévisions appliquées en France (Montpellier, Bordeaux, Clermont-Ferrand), Allemagne, Italie, Roumanie, Tunisie, Algérie et Espagne.

II. Bases de prévisions et d'avertissements dans les régions de Vello et de Patras.

1. La prévision des invasions doît être basée dans ces deux régions sur l'interdépendance de trois facteurs principaux, soit la biologie du parasite, les données climatiques et la végétation de la vigne.

2. Dès le début d'avril on doit s'attendre à l'infection primaire, qui peut être repérée au moyen des premiers foyers dont le nombre indiquera la gravité de la contamination. D'après les observations faites et les données statistiques concernant la chute des pluies, le premier traitement doit être exécuté dans la 3e décade d'avril.

3. Étant donné que le mois de mai est le mois critique sous le rapport du Mildiou, c'est durant ce mois que la vigne a besoin d'être protégée. Il est proposé que les pulvérisations soient fixées d'après le critère de l'accroissement de la vigne par décade, de manière que l'un traitement soit séparée de l'autre d'un espace de temps égal à celui que met la vigne à s'accroître de 20-40 cm, compte tenu évidemment du nombre de germes.

4. En cas d'épidémie ordinaire on prévoit pour la région de Vello 3-4 pulvérisations, dont l'une en avril et les autres en mai, complétées par un poudrage. Pour les années particulièrement pluvieuses,

on pourrait aller jusqu'à 5 pulvérisations. En ce qui concerne la région de Patras, où la période critique se prolonge jusqu'au milieu de juin, 4-5 pulvérisations complétées par un poudrage sont considérées comme indispensables.

H. ASPECT ÉCONOMIQUE DE LA LUTTE CONTRE LE MILDIOU

Ce chapitre fournit l'aspect économique de la lutte contre le Mildiou de la vigne dans la région de Vello, en comparaison avec les méthodes qu'il serait rationnel d'y appliquer. On pourra ainsi apprécier le niveau des sommes inutilement dépensées.

Année	1950	Dépense	inutile	évaluée	en	drachmes	2.365.498
»	1951	»	»	»	»	»	4.704.008
»	1952	»	»	»	»	»	3.885.776
»	1956	»	»	»	»	»	5.392.043
»	1957	»	»	»	»	»	4.244.895
»	1958	»	»	»	»	»	3.291.317
»	1959	»	»	»	»	»	10.439.611

Soit au total, pour les sept années de nos observations la dépense inutile s'est élevée en 34.323.148 drachmes correspondant à 120.432 livres d'or.

BIBLIOGRAPHIE

AMPHOUX M. et BERNON G. 1954. - Rapport national (France, IIe partie). VIIe Congrès International de la vigne et du vin. *Bull. Office Intern. Vin*, **280** : 72 - 87.

ARENS K. 1929 - Untersuchungen über Keimung und Zytologie der Oosporen von Plasmopara viticola (Berl. et de Toni). *Jahrb. f. Wissensch. Bot.* **70** : 57 - 92.

ARNAUD G. et ARNAUD M. 1931 - Traité de Pathologie Végétale. **1** : 202 - 280, Paul Lechevalier et Fils, Paris.

BALDACCI E. 1947 - Epifitie di Plasmopara viticola (1941 - 1946) nell'Oltrepò Pavese ed adozione del calendario di incubazione come strumento di lotta. *Atti Ist. Bot. Univ. Pavia*, **8** : 45 - 85.

BALDACCI E. et ORSENIGO M. 1950 - Quatro anni d'impiego del calendario d'incubazione della peronospora della vite (1946 - 1949). *Atti Ist. Bot. Univ. Pavia*, Serie 5, **8** : 89 - 134.

BALDACCI E. 1954 - Le mildiou en Italie. VIIe Congrès International de la vigne et du vin. *Bull. Office Intern. Vin*, **280** : 105 - 125.

BLACKWELL E. 1943 - The life history of Phytophthora cactorum (Leb. & Cohn) Schröet. *Brit. Myc. Trans.*, **24** : 71 - 89.

BOSC M. 1946 - Sur la structure des noyaux et la meiose de P. viticola. *C R. Acad. Sci.*, Paris, **223** : 584 - 586.

BRANAS J. 1953 - Le mildiou (Rapport général). VIIe Congrès International de la vigne et du Vin. *Bull. Office Intern. Vin*, **273** : 59 - 98.

BRANAS J. et BERNON G. 1934 - Époque des traitements du mildiou de la vigne. *Ann. École Nationale Agric. Montpellier*, **23** : 67.

CAPUS 1931 - Comment combattre le mildiou de la vigne. *Agriculture Nouvelle*, p. 80.

CASARINI B. 1957 - Sulla durata del periodo di incubazione della Plasmopara viticola. *Atti Academia Scienze Istituto Bologna*, anno 245°, S. XI. **4** : 205 - 216.

DARPOUX H. 1943 - Les bases scientifiques des avertissements agricoles. *Ann. Épiphyties*, **9** : 177 - 205.

DARPOUX H. 1949 - Les avertissements agricoles. *Bull. Techn. Inform. Ingénieurs Services Agric.*, **5. 41**.

FREZAL P. 1954 - Rapport national (Algérie). VIIe Congrès International de la Vigne et du Vin. *Bull. Office Intern. Vin*, **280** : 72 - 87.

GAÜMANN E. 1950 - Principles of plant infection. Crosby Lockwood and Son Ltd., London, p. 396.

GENNADIOS P. G. 1889 - Sur le Mildiou de la vigne. *Agriculture Grecque*, **8** : 297 - 307.

GOTTLIEB D. 1950 - The physiology of the spore germination in fungi. *Bot. Rev*, **16** : 229 - 257.

GREGORY C. T. 1915 - Studies on Plasmopara viticola - *Official report of the session of the International Congress of Viticulture P. P. I. E*, San Francisco.

GREGORY F. G. 1956 - General aspects of leaf growth, dans le The growth of leaves, publié par F. L. Milthorpe. *Proceedings of the Third Easter School in Agricultural Science, Univ. of Nottingham*, p.p. 1 - 17.

HAWKER L. E. 1950 - Physiology of fungi. University of London Press, p.p. 209 - 233.

ISTVANFI G. et PALINKAS G. 1913 - Études sur le mildiou de la vigne. *Ann. Inst. Central Ampélologique Royal Hongrois*, **4** : 1 - 125.

KOUTSOMITOPOULOS P. G. 1936 - Guide Pratique de l'Agriculteur, **2** : 250 - 260.

KYRIAZOPOULOS B. D. 1939 - Le climat de la Macédoine centrale grecque. Ministère de l'Agriculture. Services d'études agricoles et économiques.

MARTINÈS B. B. 1954 - Rapport National (Espagne). VIIe Congrès International de la vigne et du vin *Bull. Office Intern. Vin*, **279** : 121 - 123.

MERJANIAN A. S. et LIPETZKAYA A. D. 1936 - Effect of constant and fluctuating temperatures on the length of the incubation period of downy mildew of the vine. *Sovetsk. Bot.* **3** : 68 - 77 (R.A.M. 15 : 773, 1936).

MILISSAVLYEVITCH D. 1951 - Recherches sur la durée de la période d'incubation du Plasmopara viticola (B et C) Berlese et de Toni. VIe Congrès International de la vigne et du vin. *Bull. Office Intern. Vin*, **244** : 120 - 122.

MÜLLER K. et SLEUMER H. 1934 - Biologische Untersuchungen über die Peronosporakrankheit des Weinstockes, mit besonderer Berücksichtigung

ihrer Bekämpfung nach der Inkubationskalendermethode. *Landwirtsch. Jahrbuch* **79** : 510 - 576.

PETIT A. 1954 - Rapport national (Tunisie). VIIe Congrès International de la vigne et du vin. *Bull. Office Intern. Vin,* **280** : 138 - 140.

RAPHTOPOULOS J. 1934 - Le Mildiou, l'Oïdium, l'Esca et le vers de vigne. Société d'Agriculture Grecque. *Bulletin Agricol,* p.p. 1 - 43.

RAVAZ L. 1914 - Traité général de viticulture. III partie. Tome III. Le mildiou. Montpellier.

RAVAZ L. et GÈZE J. B. 1919 - Rapport sur le fonctionnement de la Station d'avertissement agricoles en 1918. *Annales du Ministère de l'Agriculture,* **49** : 441 - 475.

SAREJANNI J. A. 1951 - Quelques problèmes de l'épidémiologie du mildiou de la vigne en Grèce. *Ann. Inst. Phytopath. Benaki,* **5** : 53 - 64.

SAREJANNI J. A. 1954 - Rapport national (Grèce). VIIe Congrès International de la vigne et du vin. *Bull. Office, Intern. Vin,* **280** : 99 - 104.

SAVULESCU T., SAVULESCU A., BONTES V. et SAVIN GH. 1957. - Forschungen über die Anwendung einer Prognose und Warnungsmethode für die Bekämpfung des Falschen Mehltaus der Rebe Plasmopara viticola Berl. et de Toni in Zeitraum 1950 - 1956. Texte dactylographié mis à notre disposition par les auteurs, concernant une de leur communication au 4e Congrès International pour la Protection des Plantes. Hambourg 1957.

SCHAD C. 1936 - Les Stations d'Avertissements Agricoles et la lutte contre le mildiou de la vigne. *Ann. Épiphyties N. S.* **2** : 283 - 331.

SCHAD C. 1943 - Étude des facteurs de l'infection primaire et de la durée de l'incubation en vue de la prévision des époques de traitements contre le mildiou de la vigne. *Ann. Épiphyties N. S.* **9** : 19 - 25.

SCHRÖDTER H. 1954 - Die Bedeutung von Massenaustausch und für die Verbeitung von Pflanzen Krankheiten. Ein Beitrag zur Epidemiologie. *NachrBl. dtsch. PflschDienst,* Berl., N. F. **8** : 166 - 172 (R.A.M., **35** : 311 - 312, 1956).

SHATSKY A. L. 1935. - Treatment of downy mildew of the vine on the basis of incubation periods. *Pl. Prot. Leningr.,* **6** : 75 - 85, (R.A.M. 15 : 702, 1936).

STELLWAAG F. 1954. - Rapport national (Allemagne). VIIe Congrès International de la vigne et du vin. *Bull. Office Intern. Vin,* **279** : 107 - 119.

ZACHOS D. G. 1950. - Les premiers tâtonnements faits en Grèce concernant la lutte rationnelle contre le mildiou de la vigne. *Actes de la 1ere Conférence Internationale pour l'examen des moyens de lutte contre les parasites des plantes.* Rome 3-6 Octobre.

ZILLIG H. 1942. - Wie entstehen Plasmopara-Epidemien? *Zeitschr. f. Pflanzenkrank. u. Pflanzenschutz,* **52** : 83 - 91 (R.A.M. 21 : 479, 1942).

WOLF A. F. et WOLF F. T. 1947. - The Fungi **2** : 210 - 235. John Willey & Sons Inc., New York.